

Modelos de ajuda à decisão para a definição da época de semeadura e do padrão tecnológico da cultura do trigo

Decision support models for the definition of the crop sowing period and the technological pattern of wheat cultivation

Benedito Silva Neto^I Angélica de Oliveira^{II} Jaime Lorenzoni^{III}

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar a capacidade de modelos de ajuda à decisão baseados na programação matemática para subsidiar a escolha da época de semeadura e do padrão tecnológico (alto, médio e baixo rendimento) para a cultura do trigo em função das perdas que podem ser provocadas por geadas, giberela, granizo e excesso de chuva na colheita. Os resultados econômicos da cultura foram definidos a partir dos dados de um grupo de 27 unidades de produção da região de Ijuí. Os níveis e as probabilidades das perdas foram estimados por meio de uma revisão da literatura especializada, tendo sido também levada em consideração a experiência dos agricultores e de técnicos da região. Foi concluído que o modelo de maximização da margem bruta sob a restrição de atingir certo resultado econômico a uma probabilidade pré-fixada foi o que proporcionou mais subsídios para a tomada de decisão.

Palavras-chave: modelos de ajuda à decisão, programação matemática, época de semeadura, padrão tecnológico, cultura do trigo.

ABSTRACT

The present work is aimed at analyzing the efficiency of decision support models which are based on mathematical programming to help with the choice of the adequate period for sowing, as well as, the technological pattern (high, medium and low yield) to the cultivation of wheat in relation to the losses which can be caused by frost, giberella, hail and excessive rain during the harvest season. The economical results were defined from data gathered in a group of 27 production units in Ijuí and surroundings. The levels and probabilities of the losses were estimated through review of specialized literature, also considering the experience of farmers

and technicians of the region. It was suggested that the model which provided more support for the decision taking was the maximization model of gross margin restricted to reaching a determined economical result in a pre-established probability.

Key words: decision support models, mathematical programming, sowing season, technological pattern, wheat cultivation.

INTRODUÇÃO

A cultura do trigo no Rio Grande do Sul caracteriza-se por apresentar resultados econômicos com uma alta instabilidade. Ao alto risco climático devido à possibilidade de ocorrência de geadas, de excesso de chuva na colheita e de granizo, associa-se uma alta incidência de doenças. Esse tipo de problema pode ser analisado por meio da modelagem matemática.

Uma das abordagens que podem ser utilizadas é a elaboração de modelos de previsão de rendimentos, os quais, em geral, partem do potencial de aproveitamento de energia pela cultura para, posteriormente, introduzirem os fatores ambientais responsáveis pela diminuição desse aproveitamento. Embora esse tipo de modelo possa ser utilizado para a tomada de decisões, sua elaboração é bastante complexa, sendo a sua validação, em geral, de tipo experimental, isto é, realizada a partir de dados obtidos em condições controladas (LANDRY et al., 1983).

^IDepartamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI). Rua São Francisco, 501, 987000-000, Ijuí, RS, Brasil. E-mail: bsneto@unijui.edu.br. Autor para correspondência.

^{II}Curso de Mestrado em Desenvolvimento, UNIJUI, Ijuí, RS, Brasil.

^{III}Cooperativa Triticola Serrana Ltda. (COTRIJUI), Ijuí, RS, Brasil.

Outra abordagem utilizada neste trabalho é a elaboração de modelos de ajuda à decisão. Nesse caso, o objetivo não é a previsão dos resultados, mas sim a obtenção de subsídios para tomar decisões em bases racionais, a partir de uma análise coerente do problema. Tais modelos, relativamente simples, podem ser elaborados a partir de dados existentes na literatura e obtidos diretamente junto aos agricultores, e a sua validação depende da sua consistência lógica e conceitual (LANDRY, 1983). No entanto, na literatura existem vários tipos de modelos de ajuda à decisão, os quais diferem quanto aos critérios de decisão adotados. Alguns desses modelos são discutidos nos parágrafos a seguir.

O critério de decisão mais simples que pode ser adotado para a formalização de um processo decisório é o da maximização da esperança matemática (ROBISON et al., 1984). No entanto, pode-se considerar que o agricultor não esteja interessado apenas em maximizar o resultado econômico a longo prazo (expresso pela esperança matemática), mas também esteja preocupado com possíveis perdas que ele possa sofrer a curto prazo. Nesse caso, um critério de decisão que pode ser adotado é o de maximizar o resultado econômico a ser obtido a uma dada probabilidade, considerando certa aversão do agricultor ao risco (BOUSSARD & DAUDIN, 1988). Outra maneira de formalizar um processo decisório é associar a aversão dos agricultores ao risco à capacidade financeira destes em cobrir perdas, o que define, por sua vez, sua capacidade em assumir riscos sem que a manutenção do seu empreendimento econômico seja comprometida. Tal fato pode ser expresso matematicamente por meio de modelos “foco-perda” (BIGMAN, 1996). Uma versão probabilista de um modelo foco-perda pode ser formulada procurando-se maximizar a esperança matemática sob a restrição de que certo resultado econômico mínimo seja atingido a uma dada probabilidade.

Nos modelos descritos anteriormente, o risco é avaliado por meio de probabilidades. Porém, a utilização de probabilidades nem sempre é interessante. No caso da atividade agrícola, muitas vezes não há dados suficientes para o cálculo adequado da probabilidade de ocorrência de certos eventos. Além disso, existem eventos cuja distribuição de probabilidades é de difícil identificação. Por essas razões, certos autores têm proposto a adoção de critérios não-probabilistas de decisão (SILVA NETO & RETZLAFF, 2004). Um desses critérios é o da maximização do resultado mínimo, o qual pode ser formulado em uma versão “foco-perda”, maximizando o resultado que seria obtido em condições normais de

produção considerando-se um resultado mínimo pré-estabelecido.

O objetivo deste trabalho foi analisar a capacidade dos modelos de ajuda à tomada de decisão baseados na programação matemática mencionados anteriormente a fim de subsidiar a escolha da época de semeadura e do padrão tecnológico mais adequados para a cultura do trigo na região de Ijuí.

MATERIAL E MÉTODOS

Desde o ano de 2000, a Cooperativa Tríticola Serrana Ltda. (COTRIJUI) desenvolve um projeto de assistência técnica dirigida por meio do acompanhamento de 27 propriedades localizadas nos municípios de Ajuricaba, Augusto Pestana e Ijuí (Rio Grande do Sul, Brasil). Todas essas propriedades produzem trigo. As lavouras acompanhadas foram divididas em três grupos, de alto, médio e baixo rendimento. Os técnicos da cooperativa definiram os resultados econômicos para cada tipo de lavoura, de forma a poder discutir com os agricultores o planejamento da cultura (LORENZONI, 2007). Considera-se que tais resultados seriam os resultados obtidos em condições “normais”, isto é, sem a ocorrência de graves quedas de rendimento. Esses resultados econômicos, adotados neste trabalho para a parametrização dos modelos, são apresentados na tabela 1.

Nesse acompanhamento, a semeadura do trigo entre 20 de maio e 09 de junho é considerada precoce, e a semeadura entre 10 de junho e 07 de julho é considerada tardia pelos técnicos da COTRIJUI. Como a incidência de doenças em geral em culturas semeadas precocemente tende a ser menor, o rendimento físico das culturas com semeadura tardia foi considerado 10% menor do que as culturas com semeadura precoce, exceto para o padrão tecnológico de alto rendimento no qual essa diferença é evitada por mais aplicações de fungicidas. Assim, foi considerado um rendimento de 3.000kg ha⁻¹ para as culturas de padrão tecnológico de alto rendimento e de 2.500kg ha⁻¹ e 1.800kg ha⁻¹ para as culturas de padrão tecnológico de médio e baixo rendimento, respectivamente, semeadas precocemente. Para as culturas semeadas tardiamente, esses rendimentos foram de 2.250 e 1.620kg ha⁻¹ para os padrões tecnológicos de médio e baixo rendimento, respectivamente. Foi considerado um preço de R\$ 0,466kg⁻¹ de trigo.

As probabilidades e o nível das perdas por geadas, excesso de chuvas, granizo e giberela foram estimados a partir de uma revisão da bibliografia especializada (BERLATO et al., 2000; CASA et al., 2004;

Tabela 1 - Resultados econômicos por hectare de culturas de trigo em diferentes épocas de semeadura e com padrões tecnológicos de alto, médio e baixo rendimento, em Ijuí.

Rubrica	-----Padrão tecnológico-----		
	Alto rendimento	Médio rendimento	Baixo rendimento
	Valor (R\$ ha ⁻¹)	Valor (R\$ ha ⁻¹)	Valor (R\$ ha ⁻¹)
Operações de semeadura e adubação (1):			
Semeadura precoce	82,00	82,00	72,00
Semeadura tardia	92,00	82,00	72,00
Insumos (2):			
Semeadura precoce	632,58	564,99	351,92
Semeadura tardia	677,58	564,99	351,92
Juros, impostos, frete e colheita (3):			
Semeadura precoce	227,38	192,47	136,15
Semeadura tardia	230,33	192,47	136,15
Custo Variável Total (4 = 1 + 2 + 3):			
Semeadura precoce	942	840	560
Semeadura tardia	990	840	560
Receita Bruta (5)			
Semeadura precoce	1.398	1.165	839
Semeadura tardia	1.398	1.048,5	755
Margem Bruta (5 - 4)			
Semeadura precoce	456	325	279
Semeadura tardia	408	208,5	195

Fonte: Departamento Técnico da COTRIJUI (LORENZONI, 2007).

CUNHA et al., 1999; LIMA et al., 2006). Além disso, especialmente para a giberela e o granizo, também foi levada em consideração a experiência dos agricultores e dos técnicos da região. Os níveis das perdas e os símbolos utilizados nos modelos correspondentes a essas perdas estão descritos na tabela 2.

Considerou-se que o nível das perdas (mas não a sua probabilidade) não é afetado pela época de semeadura. As probabilidades de ocorrência de geada, giberela, granizo e excesso de chuva na cultura do trigo em Ijuí segundo a época de semeadura, e os símbolos correspondentes utilizados nos modelos estão descritos na tabela 3.

Nos modelos, aos símbolos descritos na tabela 3, são adicionados os símbolos correspondentes aos padrões tecnológicos A, M e B, respectivamente, para alto, médio e baixo rendimento, precedidos pela letra P. Por exemplo, a probabilidade de perda por geada em uma lavoura de alto rendimento semeada precocemente é representada por PACGE, sendo P correspondente à probabilidade, C correspondente à precoce (ou “no cedo”, expressão utilizada pelos técnicos e agricultores), A correspondente a alto rendimento e GE correspondente à geada. Os

parâmetros descritos nas tabelas 1, 2 e 3 foram utilizados na formulação dos modelos. Além disso, a não-ocorrência de perdas foi representada pela terminação SP. Por exemplo, BTSP indica o resultado econômico sem perdas de culturas de baixo rendimento semeadas tardiamente, e PBTSP é a probabilidade de ocorrência desse resultado econômico sem perdas. Os símbolos t, u, v, x, y e z são variáveis binárias utilizadas para que as soluções indiquem apenas uma combinação de época de semeadura e padrão tecnológico.

O modelo probabilista, no qual a esperança matemática é maximizada, foi formulado como:

$$\text{Maximizar } R = t*CA + u*CM + v*CB + x*TA + y*TM + z*TB$$

$$\text{sujeito a: } t + u + v + x + y + z \leq 1$$

em que

$$CA = ((AC-ACGE)*PACGE + (AC-ACGIB)*PACGIB + (AC-ACGR)*PACGR + (AC-ACEX)*PACEX + (AC-ACSP)*PACSP)$$

$$CM = ((MC-MCGE)*PMCGE + (MC-MCGIB)*PMCGIB + (MC-MCGR)*PMCGR + (MC-MCEX)*PMCEX + (MC-MCSP)*PMCSP)$$

Tabela 2 - Nível estimado de perdas para a cultura do trigo em Ijuí pela ocorrência de geada, giberela, granizo e excesso de chuva, segundo a época de semeadura e o padrão tecnológico.

Fator de perda	Época de Semeadura	Padrão tecnológico (rendimento)	Perda de rendimento	-----Parâmetro nos modelos-----			
				Margem bruta sem perdas		Perda econômica	
				Valor	Nome	Valor	Nome
Geada	Precoce	3000	100%	456	AC	1398	ACGE
		2500	100%	325	MC	1165	MCGE
		1800	100%	279	BC	839	BCGE
	Tardia	3000	100%	408	AT	1398	ATGE
		2250	100%	208,5	MT	1049	MTGE
		1620	100%	195	BT	755	BTGE
Giberela	Precoce	3000	20%	456	AC	280	ACGIB
		2500	20%	325	MC	233	MCGIB
		1800	20%	279	BC	168	BCGIB
	Tardia	3000	20%	408	AT	280	ATGIB
		2250	20%	208,5	MT	210	MTGIB
		1620	20%	195	BT	151	BTGIB
Granizo	Precoce	3000	100%	456	AC	1398	ACGR
		2500	100%	325	MC	1165	MCGR
		1800	100%	279	BC	839	BCGR
	Tardia	3000	100%	408	AT	1398	ATGR
		2250	100%	208,5	MT	1049	MTGR
		1620	100%	195	BT	755	BTGR
Excesso de Chuva	Precoce	3000	20%	456	AC	280	ACEX
		2500	20%	325	MC	233	MCEX
		1800	20%	279	BC	168	BCEX
	Tardia	3000	20%	408	AT	280	ATEX
		2250	20%	208,5	MT	210	MTEX
		1620	20%	195	BT	151	BTEX

Fonte: dados do Departamento Técnico da COTRIJUI (LORENZONI, 2007).

$$CB = ((BC-BCGE)*PBCGE + (BC-BCGIB)*PBCGIB + (BC-BCGR)*PBCGR + (BC-BCEX)*PBCEX + (BC-BCSP)*PBCSP)$$

$$TA = ((AT-ATGE)*PATGE + (AT-ATGIB)*PATGIB + (AT-ATGR)*PATGR + (AT-ATEX)*PATEX + (AT-ATSP)*PATSP)$$

$$TM = ((MT-MTGE)*PMTGE + (MT-MTGIB)*PMTGIB + (MT-MTGR)*PMTGR + (MT-MTEX)*PMTEX + (MT-MTSP)*PMTSP)$$

$$TB = ((BT-BTGE)*PBTGE + (BT-BTGIB)*PBTGIB + (BT-BTGR)*PBTGR + (BT-BTEX)*PBTEX + (BT-BTSP)*PBTSP)$$

O modelo probabilista com aversão ao risco foi formulado como

$$\text{Maximizar } R_M = R - a * s$$

$$\text{sujeito a: } t + u + v + x + y + z = 1$$

em que,

R_M = resultado mínimo

$$R = t*CA + u*CM + v*CB + x*TA + y*TM + z*TB$$

$$CA = ((AC-ACGE)*PACGE + (AC-ACGIB)*PACGIB + (AC-ACGR)*PACGR + (AC-ACEX)*PACEX + (AC-ACSP)*PACSP)$$

$$CM = ((MC-MCGE)*PMCGE + (MC-MCGIB)*PMCGIB + (MC-MCGR)*PMCGR + (MC-MCEX)*PMCEX + (MC-MCSP)*PMCSPP)$$

$$CB = ((BC-BCGE)*PBCGE + (BC-BCGIB)*PBCGIB + (BC-BCGR)*PBCGR + (BC-BCEX)*PBCEX + (BC-BCSP)*PBCSP)$$

$$TA = ((AT-ATGE)*PATGE + (AT-ATGIB)*PATGIB + (AT-ATGR)*PATGR + (AT-ATEX)*PATEX + (AT-ATSP)*PATSP)$$

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência de geada, giberela, granizo e excesso de chuva na cultura do trigo em Ijuí, segundo a época de semeadura.

Fator de perda	Semeadura	Probabilidade de ocorrência	Nome da variável nos modelos
Geada *	Precoce	15%	PCGE
	Tardia	5%	PTGE
Giberela **	Precoce	5%	PCGIB
	Tardia	20%	PTGIB
Granizo ***	Precoce	10%	PCGR
	Tardia	10%	PTGR
Excesso de chuva *	Precoce	20%	PCEX
	Tardia	20%	PTEX

Fontes dos dados: * CUNHA et al. (1999); ** CASA et al. (2004) e LIMA et al. (2006); *** BERLATO et al. (2000).

$$TM = ((MT-MTGE)*PMTGE + (MT-MTGIB)*PMTGIB + (MT-MTGR)*PMTGR + (MT-MTEX)*PMTEX + (MT-MTSP)*PMTSP)$$

$$TB = ((BT-BTGE)*PBTGE + (BT-BTGIB)*PBTGIB + (BT-BTGR)*PBTGR + (BT-BTEX)*PBTEX + (BT-BTSP)*PBTSP)$$

$$DPCA = [PACGE*(CA-AC-ACGE)^2 + PACGIB*(CA-AC-ACGIB)^2 + PACGR*(CA-AC-ACGR)^2 + PACEX*(CA-AC-ACEX)^2 + PACSP*(CA-AC-ACSP)^2]^{0.5}$$

$$DPCM = [PMCGE*(CM-MC-MCGE)^2 + PMCGIB*(CM-MC-MCGIB)^2 + PMCGR*(CM-MC-MCGR)^2 + PMCEX*(CM-MC-MCEX)^2 + PMCSP*(CM-MC-MCSP)^2]^{0.5}$$

$$DPCB = [PBCGE*(CB-BC-BCGE)^2 + PBCGIB*(CB-BC-BCGIB)^2 + PBCGR*(CB-BC-BCGR)^2 + PBCEX*(CB-BC-BCEX)^2 + PBCSP*(CB-BC-BCSP)^2]^{0.5}$$

$$DPTA = [PATGE*(TA-AT-ATGE)^2 + PATGIB*(TA-AT-ATGIB)^2 + PATGR*(TA-AT-ATGR)^2 + PATEX*(TA-AT-ATEX)^2 + PATSP*(TA-AT-ATSP)^2]^{0.5}$$

$$DPTM = [PMTGE*(TM-MT-MTGE)^2 + PMTGIB*(TM-MT-MTGIB)^2 + PMTGR*(TM-MT-MTGR)^2 + PMTEX*(TM-MT-MTEX)^2 + PMTSP*(TM-MT-MTSP)^2]^{0.5}$$

$$DPTB = [PBTGE*(TB-BT-BTGE)^2 + PBTGIB*(TB-BT-BTGIB)^2 + PBTGR*(TB-BT-BTGR)^2 + PBTEX*(TB-BT-BTEX)^2 + PBTSP*(TB-BT-BTSP)^2]^{0.5}$$

$$s = t*DPCA + u*DPCM + v*DPCB + x*DPTA + y*DPTM + z*DPTB$$

Nesse modelo, o coeficiente de aversão ao risco a é definido considerando-se 95% de probabilidade de obtenção de um resultado mínimo igual ao valor definido na função objetivo, considerando-se uma distribuição normal.

Um modelo foco-perda probabilista foi formulado a partir das seguintes modificações do modelo probabilista com aversão ao risco descrito acima,

Maximizar R

$$\text{sujeito a: } R - a * s \geq R_M$$

sendo as demais expressões idênticas as do modelo probabilista com aversão ao risco. Nesse caso, além de a ser fixado considerando-se 95% de probabilidade de obtenção do resultado mínimo, o valor desse resultado mínimo também é pré-estabelecido.

O modelo maximin foi formulado como:

$$\text{Maximizar } R_M = t * R_{M,CA} + u * R_{M,CM} + v * R_{M,CB} + x * R_{M,TA} + y * R_{M,TM} + z * R_{M,TB}$$

$$\text{sujeito a: } t + u + v + x + y + z = 1$$

$$(AC-ACGE) \geq R_{M,CA}$$

$$(AC-ACGIB) \geq R_{M,CA}$$

$$(AC-ACGR) \geq R_{M,CA}$$

$$(AC-ACEX) \geq R_{M,CA}$$

$$(AC-ACSP) \geq R_{M,CA}$$

$$(MC-MCGE) \geq R_{M,CM}$$

$$(MC-MCGIB) \geq R_{M,CM}$$

$$(MC-MCGR) \geq R_{M,CM}$$

$$(MC-MCEX) \geq R_{M,CM}$$

$$(MC-MCSP) \geq R_{M,CM}$$

$$(BC-BCGE) \geq R_{M,CB}$$

$$(BC-BCGIB) \geq R_{M,CB}$$

$$(BC-BCGR) \geq R_{M,CB}$$

$$(BC-BCEX) \geq R_{M,CB}$$

$$(BC-BCSP) \geq R_{M,CB}$$

$$(AT-ATGE) \geq R_{M,TA}$$

$$(AT-ATGIB) \geq R_{M,TA}$$

$$\begin{aligned}
(AT-ATGR) &\geq R_M TA \\
(AT-ATEX) &\geq R_M TA \\
(AT-ATSP) &\geq R_M TA \\
(MT-MTGE) &\geq R_M TM \\
(MT-MTGIB) &\geq R_M TM \\
(MT-MTGR) &\geq R_M TM \\
(MT-MTEX) &\geq R_M TM \\
(MT-MTSP) &\geq R_M TM \\
(BT-BTGE) &\geq R_M TB \\
(BT-BTGIB) &\geq R_M TB \\
(BT-BTGR) &\geq R_M TB \\
(BT-BTEX) &\geq R_M TB \\
(BT-BTSP) &\geq R_M TB
\end{aligned}$$

em que

R_M = resultado mínimo

sendo os demais símbolos idênticos aos dos modelos anteriores.

Um modelo foco-perda não-probabilista foi obtido a partir das seguintes modificações do modelo maximin,

$$\text{Maximizar } t^*AC + u^*MC + v^*BC + x^*AT + y^*MT + z^*BT$$

$$\text{sujeito a: } t^*R_M CA + u^*R_M CM + v^*R_M CB + x^*R_M TA + y^*R_M TM + z^*R_M TB \geq R_M$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época de semeadura e o padrão tecnológico indicados pelos modelos estão apresentados na tabela 4. Como mostrado nessa tabela, os modelos indicaram a implantação de culturas procurando-se atingir baixos rendimentos, com exceção do modelo probabilista, o qual indicou a implantação de uma cultura de alto rendimento.

Em relação à época de semeadura, os modelos probabilista e probabilista com aversão ao risco indicaram a semeadura tardia devido à influência das probabilidades sobre os resultados. Já os modelos maximin e foco-perda não-probabilista indicaram a semeadura precoce, pois não incluem probabilidades,

e as margens brutas sem perda nessa época são mais elevadas.

Uma vantagem apresentada pelos modelos probabilista, probabilista com aversão ao risco e foco-perda probabilista é que estes fornecem a média para a qual convergiria a margem bruta a longo prazo (esperança matemática).

Na tabela 4, o coeficiente de aversão ao risco foi estimado a partir da probabilidade de 95% do agricultor atingir a margem bruta mínima, o que indica um alto grau de aversão ao risco. No entanto, simulações realizadas com graus decrescentes de aversão ao risco indicaram que tal resultado só é alterado, indicando assim uma cultura de alto rendimento semeada tardiamente, quando são considerados agricultores praticamente indiferentes ao risco. Resultados semelhantes foram obtidos com o modelo foco-perda probabilista por meio da variação do resultado mínimo exigido, mantendo o nível de 95% de probabilidade. No entanto, segundo esse modelo, a indiferença ao risco corresponderia a uma capacidade de suportar perdas que levassem a margem mínima a atingir valores abaixo de R\$ -1224,43ha⁻¹, os quais, sendo inferiores ao custo de produção da lavoura de alto rendimento com semeadura tardia (R\$ -990ha⁻¹), indicam que esse modelo subestimou as perdas suportáveis pelos agricultores quando uma alta aversão ao risco foi considerada. Caso a probabilidade da margem mínima seja o parâmetro alterado, o modelo foco-perda probabilista converge com o probabilista com aversão ao risco, fornecendo os mesmos resultados.

No entanto, isso não ocorreu com o modelo foco-perda não-probabilista. Como esse modelo não considera as probabilidades dos eventos e a geada e o granizo provocam perdas totais, as margens brutas mínimas correspondem aos custos de produção das lavouras. Assim, quando o agricultor pode suportar margens brutas mínimas de R\$ -948ha⁻¹, o modelo indica lavouras de alto rendimento. Para margens entre R\$ -

Tabela 4 - Época de semeadura e padrão tecnológico para a cultura do trigo em Ijuí indicados pela solução dos modelos.

Modelo	Época de semeadura	Padrão tecnológico
Probabilista (maximização da esperança matemática da margem bruta)	Tardia	Alto rendimento
Probabilista com aversão ao risco *	Tardia	Baixo rendimento
Foco-perda probabilista **	Tardia	Baixo rendimento
Maximin (maximização da margem bruta mínima)	Precoce	Baixo rendimento
Foco-perda não probabilista ***	Precoce	Baixo rendimento

* 95% de probabilidade de atingir a margem bruta.

** margem bruta mínima de R\$ -800 ha⁻¹, a 95% de probabilidade.

*** margem bruta mínima de R\$ -800 ha⁻¹.

839 e R\$ -948ha⁻¹, o modelo indica lavouras de médio rendimento, e, quando as margens exigidas são maiores que R\$ -839ha⁻¹, as lavouras indicadas são de baixo rendimento. Esse modelo indica que a exigência de margens brutas mínimas maiores que R\$ -560ha⁻¹ não pode ser satisfeita.

De acordo com os resultados mostrados na tabela 4, a maior parte dos modelos indica lavouras de baixo rendimento. Além disso, os modelos probabilista com aversão ao risco e foco-perda probabilista indicaram que apenas agricultores indiferentes ao risco optariam por implantar lavouras de alto rendimento.

Em relação à época de semeadura, os modelos probabilista, probabilista com aversão ao risco e foco-perda probabilista sempre indicaram a semeadura tardia como a mais adequada para a cultura do trigo. Isso significa que, ao semear tardiamente, há vantagens em diminuir o risco de ocorrência de geada, mesmo que com isso se tenha um maior risco de ocorrência de giberela.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o modelo foco-perda probabilista foi o que proporcionou mais subsídios para a tomada de uma decisão racional sobre a época de semeadura e o padrão tecnológico mais adequados para a cultura do trigo. Os resultados obtidos com esse modelo indicaram que apenas agricultores capazes de suportar perdas elevadas poderiam racionalmente optar pela implantação de culturas de trigo de alto rendimento. Caso contrário, as culturas de baixo rendimento representariam uma escolha mais racional. A semeadura tardia foi indicada por esse modelo independentemente do padrão tecnológico a ser adotado.

Por outro lado, os modelos probabilista (maximização da esperança matemática) e maximin, principalmente pelo fato de não permitirem que se leve em consideração a situação financeira específica do agricultor, se mostraram de utilidade bastante limitada.

REFERÊNCIAS

- BERLATO, M.A. et al. Risco de ocorrência de granizo no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.121-132, 2000.
- BIGMAN, D. Safety-first criteria and their measures of risk. **American Journal of Agricultural Economics**, v.78, n.1, p.225-235, 1996.
- BOUSSARD, J.M.; DAUDIN, J.J. **La programmation linéaire dans les modèles de production**. Paris: Masson, 1988. 14v.
- CASA, R.T. et al. Danos causados pela infecção de *Gibberella zeae* em Trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.289-293, 2004.
- CUNHA, G.R. da et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura pra trigo no Rio Grande do Sul. **Embrapa Trigo Boletim de Pesquisa Online**, n.2 Parte 2, 1999. 15p. Capturado em: 05 mai. 2008. Online. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio>
- LANDRY, M. et al. Model validation in operations research. **European Journal of Operational Research**, n.14, p.207-220, 1983.
- LIMA, M.I. et al. Avaliação de giberela em genótipos de trigo do Ensaio Estadual de Cultivares, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, em 2005. **Embrapa Trigo Documentos Online**, n.66, Passo Fundo, dez. 2006. Capturado em: 05 mai. 2008. Online. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio>
- LORENZONI, J. **Custos variáveis para a formação de lavouras de trigo**. Ijuí [RS]: Departamento Agrotécnico, Cooperativa Triticola Serrana, 2007. (documento não publicado).
- ROBISON, L.J. et al. Risk attitudes: concepts and measurement approaches. In: BARRY, P.J. **Risk management in agriculture**. Ames: Iowa State University, 1984. Cap. 2, p.11-30.
- SILVA NETO, B.; RETZLAFF, E. Otimização sob incerteza de sistemas de produção: Interação lavoura-pecuária, com ênfase em bovinocultura de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1207-1212, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400037&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Doi: 10.1590/S0103-84782004000400037.