

ANÁLISE DE RISCO DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS COM TRITICALE, SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO¹

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS², IVO AMBROSIO³,
JULIO CESAR BARRENECHE LHAMBY e AUGUSTO CARLOS BAIER⁴

RESUMO - Num período de cinco anos (1987 a 1991), foram avaliados, em Passo Fundo, RS, os efeitos de cinco sistemas de rotação de culturas com triticale: sistema I (triticale/soja), sistema II (triticale/soja e aveia-preta/soja), sistema III (triticale/soja e ervilhaca/milho), sistema IV (triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-preta/soja) e sistema V (triticale/soja, triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-preta/soja). Em 1990, nos sistemas II, IV e V, a aveia-preta foi substituída por aveia-branca. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. No presente trabalho, apresenta-se a análise de risco naquele período. Foram aplicados dois tipos de análise na receita líquida dos sistemas: análise da média variância e análise de risco (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica). Pela análise da média variância, não foi possível identificar o melhor sistema estudado. Pelo método da dominância estocástica, o sistema III, no período de 1987 a 1989, e o sistema II, no período de 1990 a 1991, mostraram ser as melhores alternativas de produção a serem oferecidas aos agricultores, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

Termos para indexação: custo, receita líquida, média variância, dominância estocástica.

RISK ANALYSIS OF CROP ROTATION SYSTEMS WITH TRITICALE, UNDER NO-TILLAGE

ABSTRACT - During five years (1987 to 1991), in Passo Fundo, RS, Brazil, the effects of crop rotation systems with triticale were assessed. Five systems for triticale were studied: system I (triticale/soybean), system II (triticale/soybean and black oats/soybean), system III (triticale/soybean and common vetch/corn), system IV (triticale/soybean, common vetch/corn, and black oats/soybean), and V (triticale/soybean, triticale/soybean, common vetch/corn, and black oats/soybean). In 1990, black oats was replaced by white oats in systems II, IV, and system V. A randomized complete block design with three replications was used. Risk analysis over that period is presented in this paper. Two types of analysis were applied on the net return of the systems: mean-variance analysis and risk analysis (safety-first and stochastic dominance). Identification of the best system studied through mean-variance analysis was not feasible. Through the stochastic dominance method, the system III, during the first period (1987 to 1989), and the system II, over the second period (1990 to 1991), were the best production alternatives to be offered to the farmers from both profit and lower risk standpoints.

Index terms: cost, net return, mean-variance, stochastic dominance.

INTRODUÇÃO

Com a introdução do risco na teoria da produção, os economistas agrícolas poderão proporcionar aos agricultores mais informações econômicas

sobre novas tecnologias geradas pela pesquisa (Cruz, 1984). Essas informações não se referem somente à rentabilidade de determinada tecnologia, mas igualmente ao risco que a agricultura estará correndo com a sua adoção.

Como os resultados de pesquisa são usualmente gerados a partir de experimentos que combinam vários níveis de um ou mais fatores, têm-se, muitas vezes, dezenas de combinações de tratamentos (Porto et al., 1982). Esse caráter geral pode gerar um leque de recomendações muito amplo para que possa ser de utilidade aos agricultores.

¹ Aceito para publicação em 17 de novembro de 1997.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@sede.embrapa.br. Bolsista do CNPq.

³ Economista, M.Sc., Embrapa-CNPT.

⁴ Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPT.

Através da análise de risco, pode-se aumentar o poder de discriminação entre as alternativas tecnológicas a serem oferecidas aos agricultores (Ambrosi & Fontaneli, 1994). Por outro lado, o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de práticas melhoradoras, tais como rotação de culturas e sistema plantio direto (Moutinho et al., 1978).

Vários modelos matemáticos podem ser utilizados para estudar o poder de discriminação entre uma e outra tecnologia a ser recomendada aos agricultores (Cruz, 1986). A análise da média variância (Feldstein, 1969) presume que o tomador de decisão escolha a alternativa que apresente menor variância para uma mesma média, ou a alternativa que apresente maior média para um nível igual de variância. Como essa análise pode criar alguma dificuldade na escolha da melhor alternativa, Anderson (1976) introduziu diferentes critérios para escolha de alternativas sob condições de risco (distribuição de probabilidade acumulada, no menor ou maior risco).

Segundo Cruz (1986), como o risco é algo subjetivo, intrínseco à formação psicológica de cada tomador de decisão, sugere-se o modelo de dominância estocástica, que leva em conta toda a distribuição cumulativa dos retornos, pelo critério de Hanoch & Levy (1970). Esse método tem a vantagem de reduzir bastante o número de alternativas eficientes, porque dispõe de alto poder de discriminação.

Com relação a experimentos de longa duração com triticales (sistema de rotação de culturas), não existe nenhum trabalho no Brasil utilizando modelos matemáticos para separar o melhor sistema a ser oferecido aos agricultores. Nesse caso, existe pesquisa somente com sistemas de rotação de culturas envolvendo cevada e trigo, no inverno, e milho e soja, no verão.

Ambrosi & Fontaneli (1994), estudando integração lavoura + pecuária, durante três anos, sob sistema plantio direto, envolvendo aveia-branca, milho, soja e trigo, somente pelo método da dominância estocástica, indicaram o sistema de cultivo trigo/soja e pastagem consorciada (aveia-preta + ervilhaca)/milho + soja como o mais rentável e de menor risco. Santos et al. (1995a), pesquisando sis-

temas de rotação de culturas com cevada, durante dez anos, sob sistema plantio direto, separaram o sistema de rotação com um inverno sem essa gramínea, em relação aos demais sistemas estudados.

Santos et al. (1995b), trabalhando com sistemas de rotação de culturas com trigo, durante dez anos, sob sistema plantio direto, conseguiram, através da análise da média variância ou da dominância estocástica, destacar o sistema de rotação com um inverno sem esse cereal, em comparação aos demais sistemas. Nesse caso, todos os modelos matemáticos estudados foram eficientes na discriminação da melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o risco de cinco sistemas de rotação de culturas com triticales.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no experimento de sistemas de rotação de culturas com triticales, instalado na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), município de Passo Fundo, RS, de 1987 a 1991, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (Brasil, 1973).

As análises da média variância e de risco foram determinadas em cinco sistemas de rotação, tendo o triticales como cultura para compor sistemas com aveia-preta, aveia-branca, ervilhaca, milho e soja, avaliados no ensaio: sistema I (100% de triticales/100% de soja), sistema II (50% de triticales/50% de soja e 50% de aveia-preta/50% de soja), sistema III (50% de triticales/50% de soja e 50% de ervilhaca/50% de milho), sistema IV (33% de triticales/33% de soja, 33% de ervilhaca/33% de milho e 33% de aveia-preta/33% de soja) e sistema V (25% de triticales/25% de soja, 25% de triticales/25% de soja, 25% de ervilhaca/25% de milho e 25% de aveia-preta/25% de soja). Em 1990, nos sistemas II, IV e V, a aveia-preta foi substituída por aveia-branca (Tabela 1).

Antes da instalação do experimento (abril de 1986), a área foi descompactada, e 4,0 t/ha de calcário foram aplicadas para corrigir a acidez de solo. Inicialmente, a aveia-preta foi semeada (1986) e ceifada com rolo-faca na floração plena. A seguir, a soja foi estabelecida (1986) em sistema plantio direto. As culturas de inverno e as de verão foram estabelecidas com semeadora comercial, em sistema plantio direto. Em maio de 1989, antes da semeadura de inverno, foram aplicadas, na superfície, sem in-

TABELA 1. Sistemas de rotação de culturas para triticale, com espécies de inverno e de verão, em plantio direto, Passo Fundo¹.

Sistema de rotação	Ano				
	1987	1988	1989	1990	1991
Sistema I	Tcl/S	Tcl/S	Tcl/S	Tcl/S	Tcl/S
Sistema II	Tcl/S	Ap/S	Tcl/S	Ab/S	Tcl/S
	Ap/S	Tcl/S	Ap/S	Tcl/S	Ab/S
Sistema III	Tcl/S	E/M	Tcl/S	E/M	Tcl/S
	E/M	Tcl/S	E/M	Tcl/S	E/M
Sistema IV	Tcl/S	Ap/S	E/M	Tcl/S	E/M
	Ap/S	E/M	Tcl/S	E/M	Ab/S
	E/M	Tcl/S	Ap/S	Ab/S	Tcl/S
Sistema V	Tcl/S	Tcl/S	Ap/S	Ab/S	Tcl/S
	Tcl/S	Ap/S	E/M	Tcl/S	Tcl/S
	Ap/S	E/M	Tcl/S	Tcl/S	E/M
	E/M	Tcl/S	Tcl/S	E/M	Ab/S

¹ Ab = aveia-branca (UFRGS 7); Ap = aveia-preta (comum); E = ervilhaca (comum); M = milho (AG 64 A e XL 560); S = soja BR 4); Tcl = triticale (BR 1 e BR 4).

corporar, 2,8 t/ha de calcário com PRNT 70%, correspondente à dose máxima recomendada para solo sob sistema plantio direto.

A análise econômica (receita líquida) segue o trabalho de Zentner et al. (1990). Nos casos de aveia-preta (1987 a 1989) e de ervilhaca (1987 a 1991), foi considerada como rendimento a contribuição ao solo de 90 kg de N/ha (Derpsch et al., 1985; Derpsch & Calegari, 1992).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. A área útil da parcela foi de 24 m² (3 m de largura por 8 m de comprimento). Foi efetuada a análise de variância (média variância) da receita líquida da média dos anos nos dois períodos, 1987 a 1989 e 1990 a 1991. A análise de variância conjunta foi aplicada a esses dois períodos, devido às alterações efetuadas nos sistemas II, IV e V a partir de 1990. As médias foram comparadas entre si pela aplicação do teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Entende-se por receita líquida a diferença entre a receita bruta (rendimento de grãos das espécies em estudo x preço de venda como produto comercial) e os custos totais [custos variáveis (custos dos insumos + custos das operações de campos) e custos fixos (exemplo: depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital)]. Os custos com insumos, com operações de campo e com venda de produtos foram levantados em outubro de 1994 (Tabela 2).

A análise da média variância presume que o tomador de decisão escolha a alternativa que apresente menor variância, para uma mesma média, ou a alternativa que

apresente maior média, para um nível igual de variância (Porto et al., 1982). Quando uma alternativa "A", comparada com uma alternativa "B" apresentar maior média e maior variância, então diz-se que ambas as alternativas são eficientes, sob o critério da análise da média variância. Esta característica da análise da média variância tende a ser indesejável, pois, em certos casos, uma alternativa "A" pode apresentar um retorno médio muito superior, e apenas um pequeno acréscimo de variância em relação a "B" será o suficiente para tornar ambas as alternativas igualmente desejáveis.

A partir dos dados de entrada de preços, rendimentos e custos de cada alternativa, são geradas distribuições de probabilidade cumulativa destas variáveis, mediante o processo de Monte Carlo, bem como a distribuição da receita líquida correspondente a cada alternativa. Com base nestas distribuições de probabilidade cumulativa, são impressos os intervalos de preços, rendimentos e receitas líquidas, com 5% de probabilidade de cada intervalo (twentiles). Esses intervalos informam ao analista as probabilidades (de 5% em 5%) da ocorrência de cada variável, principalmente preços, rendimentos e receitas líquidas. As receitas líquidas das alternativas sob comparação são analisadas duas a duas (pairwise), e a dominância em condições de risco (dominância estocástica) é analisada pelo método de Hanoch & Levy (1970).

Nesse caso, foi aplicado à receita líquida o programa para computador denominado "Biorisco", ou "Pacta", que é baseado no critério de simetria de Hanoch & Levy (1970).

TABELA 2. Preço unitário (R\$) de venda dos produtos, dos insumos utilizados, de operações de campo e de depreciação de máquinas e equipamentos e juros sobre o capital, em outubro de 1994.

Produto	Produto comercial	Custo variável			Custo fixo	
		Semente	Semeadura	Colheita	Semeadura	Colheita
Aveia-branca	120,00/t	200,00/t	10,98/ha	21,08/ha	11,50/ha	23,28/ha
Aveia-preta	500,00/t	307,00/t	10,98/ha	-	11,50/ha	-
Ervilhaca	500,00/t	706,00/t	12,35/ha	-	14,37/ha	-
Milho	103,00/t	250,00/t	13,73/ha	32,12/ha	15,97/ha	34,92/ha
Soja	168,00/t	2.000,00/t	12,35/ha	23,43/ha	14,37/ha	29,10/ha
Triticale	117,00/t	220,00/t	10,98/ha	21,08/ha	11,50/ha	23,28/ha
Operação de campo:			Trato cultural		Trato cultural	
Calcário			4,81/ha		2,39/ha	
Cobertura			3,60/ha		2,97/ha	
Insumos			4,19/ha		2,71/ha	
Rolagem de aveia			2,00/ha		1,12/ha	
Fertilizante:						
Nitrogênio	500,00/t					
Fósforo	550,00/t					
Potássio	320,00/t					
Calcário	26,00/t					
Fungicida:						
Iprodione + thiran	2,60/kg					
Propiconazole	43,00/L					
Tebuconazole	41,00/L					
Tiabendazole	11,35/g					
Triadimenol	5,00/kg					
Herbicida:						
2,4D	5,60/L					
Atrazine	5,20/L					
Atrazine + metolachlor	5,50/L					
Atrazine + simazine	5,20/L					
Bentazon	15,60/L					
Diuron + paraquat	7,80/L					
Glifosate	8,10/L					
Metribuzin	21,00/L					
Trifluralina	3,80/L					
Inseticida:						
Baculovirus	0,62/g					
Fosfamidon	5,04/L					
Monocrotofós	7,10/L					
Permetrina	20,00/L					
Triclorfon	6,66/L					

Esse programa compara as alternativas, duas a duas, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada, "twentiles", e dominância estocástica, "pairwise"), conforme descrito por Cruz (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A receita líquida média conjunta por hectare, referente aos cinco sistemas de rotação de culturas com triticale, a distribuição de probabilidade acumulada

da receita líquida (twentiles) dos sistemas por hectare e os resultados da análise da dominância estocástica dos sistemas, em relação à receita líquida, dos períodos (1987 a 1989 e 1990 a 1991), podem ser observados nas Tabelas 3 a 8.

Na análise do período de 1987 a 1989 (Tabela 3), os sistemas III (R\$ 307,50), IV (R\$ 227,91) e V (R\$ 199,96) apresentaram valores mais elevados da receita líquida do que os sistemas I (R\$ 172,05) e II (R\$ 84,77). Por outro lado, o destaque ficou com o sistema III, que apresentou maior receita líquida e a menor variância (R\$ 162,62) em relação aos sistemas IV (R\$ 218,59) e V (R\$ 197,89). Além disso, os sistemas IV e V foram significativamente semelhantes ao sistema I. O melhor desempenho dos sistemas III, IV e V pode ter sido devido à cultura de milho, que, nesses anos, apresentou rendimento de grãos relativamente elevado, o que repercutiu diretamente nas suas receitas líquidas.

No período de 1990 a 1991 (Tabela 4), o sistema I (R\$ 150,12) não diferiu significativamente quanto à receita líquida dos sistemas II (R\$ 236,94), III (R\$ 15,02), IV (R\$ 144,58) e V (R\$ 141,47). Deve ser levado em conta que os sistemas III, IV e V tinham a cultura de milho como um de seus componentes, e essa gramínea não foi colhida, em 1990, devido à forte estiagem que ocorreu na fase de

florescimento da cultura. Isso causou acentuado decréscimo nos valores da receita bruta desses sistemas e indica a importância do milho como fonte de renda. Assim, a simples análise da receita líquida pela análise da média variância, nesse caso, não permitiu separar, entre os sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores. Ambrosi & Fontaneli (1994) e Santos et al. (1995a), trabalhando com sistemas anuais que integram lavoura com pecuária, envolvendo aveia-branca, milho, soja e trigo, e com sistemas de rotação de culturas com cevada, respectivamente, obtiveram resultados semelhantes, para essas espécies.

Essa técnica não possibilita, às vezes, a escolha da melhor tomada de decisão. Para superar tal dificuldade da análise da média variância (Feldstein, 1969), pode ser usada a análise da distribuição de probabilidade acumulada da acumulada, no menor ou maior risco, introduzido por Anderson (1976).

Este tipo de análise possibilita a escolha da alternativa com base numa determinada probabilidade de garantir uma renda líquida em dado nível de escolha do tomador de decisão. Esse princípio baseia-se no critério da "segurança em primeiro lugar", ou seja, qual a possibilidade de um dos sistemas apresentar uma renda líquida X. O valor seria escolhido pelo tomador de decisão. Os dados das Tabelas 5 e 6

TABELA 3. Receita líquida média anual por hectare, em sistemas de rotação de culturas para triticale, no período 1987 a 1989. Passo Fundo, RS.

Sistema de rotação ¹	Receita líquida média	Desvio padrão
	1987 a 1989 ²	
	(R\$/ha)	
Sistema I	172,05 bc	90,90
Sistema II	84,77 c	160,47
Sistema III	307,50 a	162,62
Sistema IV	227,91 ab	218,59
Sistema V	199,96 ab	197,89

¹ Sistema I: triticale/soja; sistema II: triticale/soja e aveia-preta/soja; sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticale/soja, aveia-preta/soja e ervilhaca/milho; sistema V: triticale/soja, triticale/soja, aveia-preta e ervilhaca/milho.

² Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

TABELA 4. Receita líquida média anual por hectare, em sistemas de rotação de culturas para triticale, no período 1990 a 1991. Passo Fundo, RS.

Sistema de rotação ¹	Receita líquida média	Desvio padrão
	1990 a 1991	
	(R\$/ha)	
Sistema I	150,12	203,92
Sistema II	236,94	223,84
Sistema III	15,02	228,29
Sistema IV	144,58	259,90
Sistema V	141,47	273,09

¹ Sistema I: triticale/soja; sistema II: triticale/soja e aveia-branca/soja; sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja; sistema V: triticale/soja, triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja.

foram gerados a partir da distribuição completa de probabilidade acumulada da distribuição normal dentro de cada sistema. O próprio programa divide essa distribuição em 20 intervalos de 5% de probabilidade cada.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, do período de 1987 a 1989 (Tabela 5), o sistema III mostrou, na baixa probabilidade de risco (5%), maior renda líquida/ha (R\$ 127,01), em comparação aos sistemas I (R\$ 65,92), II (R\$ -230,09), IV (R\$ -98,28) e V (R\$ -96,05). Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema IV obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 928,79) em relação aos sistemas I (R\$ 377,94), II (R\$ 757,72), III (R\$ 686,14) e V (R\$ 833,92).

TABELA 5. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles), por hectare, em sistemas de rotação de culturas para triticales, no período 1987 a 1989. Passo Fundo, RS.

Porcentagem	Sistema de rotação ¹				
	I	II	III	IV	V
	(R\$/ha)				
0	23,04	-437,22	-8,26	-304,54	-290,10
5	65,92	-230,09	127,01	-98,28	-96,05
10	98,90	-160,79	174,28	-23,05	-30,77
15	112,14	-90,21	193,64	52,41	34,42
20	127,24	-55,95	217,75	75,25	66,87
25	135,84	-34,37	246,47	107,41	89,01
30	141,65	-11,70	253,87	126,75	108,97
35	150,51	19,87	267,56	155,03	140,03
40	160,46	43,06	292,33	185,19	159,92
45	168,70	69,35	299,25	216,64	185,48
50	177,63	96,15	318,31	242,06	212,00
55	182,78	122,32	332,05	267,60	237,03
60	193,55	155,01	344,14	297,91	265,56
65	205,39	179,32	355,26	326,49	288,98
70	214,11	210,86	376,56	371,01	320,40
75	229,63	241,86	399,59	398,88	349,27
80	236,95	287,92	419,37	439,72	391,71
85	247,59	345,95	459,19	492,43	444,07
90	267,58	381,83	481,23	532,32	479,23
95	228,15	450,31	527,42	601,08	543,89
100	377,94	757,72	686,14	928,79	833,92

¹ Sistema I: triticales/soja; sistema II: triticales/soja e aveia-preta/soja; sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticales/soja, aveia-preta/soja e ervilhaca/milho; sistema V: triticales/soja, triticales/soja, aveia-preta/soja e ervilhaca/milho.

Supondo-se que um agricultor "A" não queira correr risco superior a 5% de ter receita líquida negativa, esse agricultor jamais deverá escolher os sistemas II, IV e V (Tabela 5). Por outro lado, um agricultor "B", que pretenda obter a maior renda líquida possível, escolheria o sistema IV. Um agricultor "C" que jogasse 50% de suas possibilidades de atingir a máxima receita líquida escolheria o sistema III para obter uma receita líquida menor ou igual a R\$ 318,31 por hectare.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (Tabela 6), do período de 1990 a 1991, o sistema II apresentou, na probabilidade de risco de 20%, maior renda líquida/ha (R\$ 53,69) do que os sistemas I (R\$ 0,00),

TABELA 6. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles), por hectare, em sistemas de rotação de culturas para triticales, no período 1990 a 1991. Passo Fundo, RS.

Porcentagem	Sistema de rotação ¹				
	I	II	III	IV	V
	(R\$/ha)				
0	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
5	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
10	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
15	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00	<0,00
20	<0,00	53,69	<0,00	<0,00	<0,00
25	16,31	90,07	<0,00	<0,00	<0,00
30	37,37	113,19	<0,00	1,06	<0,00
35	68,20	147,03	<0,00	40,19	31,78
40	90,58	171,60	<0,00	68,71	61,75
45	119,88	203,75	<0,00	106,05	100,98
50	144,76	231,07	9,03	137,76	134,31
55	182,53	272,53	51,32	185,90	184,89
60	227,64	322,04	101,81	243,39	245,29
65	242,24	338,07	118,16	262,00	264,85
70	262,87	360,71	141,25	288,29	292,47
75	293,49	394,33	175,54	327,32	333,49
80	333,75	438,52	220,61	378,63	387,45
85	366,16	474,09	256,88	419,93	430,80
90	412,27	524,70	308,51	478,70	492,55
95	484,81	604,33	389,71	571,16	589,69
100	729,21	872,60	663,32	882,65	917,00

¹ Sistema I: triticales/soja; sistema II: triticales/soja e aveia-branca/soja; sistema III: triticales/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticales/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja; sistema V: triticales/soja, triticales/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja.

III (R\$ 0,00), IV (R\$ 0,00) e V (R\$ 0,00). Na probabilidade de risco de 5% a 15%, todos os valores da receita líquida foram negativos. Na alta probabilidade de risco (100%), o sistema V obteve a maior renda líquida/ha (R\$ 917,00), em comparação aos sistemas I (R\$ 729,21), II (R\$ 872,60), III (R\$ 663,32) e IV (R\$ 882,65).

Para esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão. Nos estudos de Ambrosi & Fontaneli (1994), com sistemas anuais integrado (lavoura + pecuária), envolvendo aveia-branca, milho, soja e trigo, e de Santos et al. (1995a), com sistemas de rotação de culturas para cevada, igualmente foi impossível separar o mesmo sistema no baixo ou no alto nível de probabilidade de risco.

Pela análise da dominância estocástica, no período de 1987 a 1989, o sistema III dominou os demais sistemas estudados (Tabela 7). Pelo método da dominância estocástica (Hanoch & Levy, 1970), o sistema III manteve-se como a melhor opção. Por sua vez, o sistema IV dominou os sistemas I, II e V; o sistema V dominou os sistemas I e II; e o sistema I dominou o sistema II.

No resultado da análise através da dominância estocástica (Tabela 8), do período de 1990 a 1991, o sistema II dominou os demais sistemas avaliados. Por outro lado, o sistema I dominou os sistemas III,

IV e V; o sistema IV dominou os sistemas III e V; e o sistema V dominou o sistema III.

Esse método de análise (dominância estocástica) mostrou, em ambos os períodos, maior poder de discriminação do que o método da média variância, e deve ser utilizado, sempre que possível, para testar as novas recomendações aos agricultores. De acordo com Porto et al. (1982), esse método oferece opções dentro de um leque limitado. Nesse caso, de cinco sistemas foi separado somente um em cada período.

Verifica-se que o sistema III, no primeiro período, e o sistema II, no segundo período, apresentaram-se no experimento, como as opções de menor risco. O risco tende a atuar como impedimento por parte dos agricultores à adoção de novas práticas agrícolas (Moutinho et al., 1978). Nesses períodos, ficou claro que o sistema III (50% de triticale/50% de soja e 50% de ervilhaca/50% de milho) e o sistema II (50% de triticale/50% de soja e 50% de aveia-branca/50% de soja) foram os mais lucrativos e seguros, do ponto de vista de risco.

As diferenças obtidas entre o primeiro período (1987 a 1989) e o segundo (1990 a 1991) podem estar relacionadas com a troca (em 1990) da aveia-preta pela aveia-branca, nos sistemas II, IV e V, ou seja, cultura de cobertura de solo para produção de grãos (cultura comercial), o que aumentou a receita

TABELA 7. Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas para triticale, no período 1987 a 1989. Passo Fundo, RS¹.

Sistema de rotação	Sistema de rotação ²				
	I	II	III	IV	V
I	-	1	0	0	0
II	0	-	0	0	0
III	1	1	-	1	1
IV	1	1	0	-	1
V	1	1	0	0	-

¹ A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 0 (zero) significa que a linha é dominada pela coluna, e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

² Sistema I: triticale/soja; sistema II: triticale/soja e aveia-preta/soja; sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticale/soja, aveia-preta/soja e ervilhaca/milho; sistema V: triticale/soja, triticale/soja, aveia-preta/soja e ervilhaca/milho.

TABELA 8. Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas para triticale, no período 1990 a 1991. Passo Fundo, RS¹.

Sistema de rotação	Sistema de rotação ²				
	I	II	III	IV	V
I	-	0	1	1	1
II	1	-	1	1	1
III	0	0	-	0	0
IV	0	0	1	-	1
V	0	0	1	0	-

¹ A leitura deve ser feita no sentido horizontal, sendo que 0 (zero) significa que a linha é dominada pela coluna, e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

² Sistema I: triticale/soja; sistema II: triticale/soja e aveia-branca/soja; sistema III: triticale/soja e ervilhaca/milho; sistema IV: triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja; sistema V: triticale/soja, triticale/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja.

líquida, principalmente do sistema II, e a não-coleita do milho, em 1990, nos sistemas III, IV e V, devido à forte estiagem que ocorreu na fase inicial de florescimento dessa gramínea, o que diminuiu a receita líquida dos referidos sistemas. Apesar disso, os resultados de 1990 foram mantidos e considerados no presente estudo, por terem correspondido ao que tem ocorrido algumas vezes na lavoura.

No trabalho desenvolvido por Ambrosi & Fontaleli (1994) com sistemas integrados lavoura com pecuária, o sistema em que a aveia-preta foi pastejada superou o sistema com aveia-branca no tocante a grãos. Esses autores indicaram como de menor risco o sistema envolvendo trigo/soja e pastagem consorciada (aveia-preta + ervilhaca)/milho + soja. Tanto no presente trabalho quanto nos de Santos et al. (1995a, 1995b), os melhores sistemas incluem a supressão da semeadura de cevada ou de trigo ou de triticale, em um inverno. Como se sabe, esse é o tempo mínimo de rotação de culturas para evitar o aumento da intensidade de doenças do sistema radicular e da parte aérea dessas gramíneas (Reis et al., 1988; Santos et al., 1990). Isso torna-os as melhores opções de produção, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

CONCLUSÕES

1. Pela análise da média variância da receita líquida, é possível separar o sistema II como a melhor opção a ser oferecida aos agricultores.

2. Pela análise da distribuição da probabilidade acumulada da receita líquida, a escolha da alternativa fica a critério do tomador de decisão, considerando as probabilidades de maior ou de menor risco.

3. Pela análise da dominância estocástica, o sistema III e o sistema II mostram-se como as melhores alternativas de produção a serem oferecidas aos agricultores, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

REFERÊNCIAS

AMBROSI, I.; FONTANELI, R.S. Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção de

integração lavoura/pecuária. *Teoria e Evidência Econômica*, Passo Fundo, v.2, n.3, p.129-148, 1994.

ANDERSON, J.R. *Modeling decision-making under risk*. México: CIMMYT, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. 421p. (Boletim Técnico, 30).

CRUZ, E.M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco em modelos de decisão. In: CRUZ, E.M. da. *Risco em modelos de decisão na agricultura*. Brasília: Embrapa-DEP, 1984. p.13-33. (Embrapa-DEP. Documentos, 15).

CRUZ, E.M. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de riscos em modelos de decisão. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J.D. de; OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, W.E. *Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão*. 2.ed.rev. Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p.237-260. (Embrapa-DEP. Documentos, 7).

CRUZ, F.R. da. *PACTA - Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas: guia do usuário*. Versão 2. Brasília: Embrapa-DDM, 1980. 7p.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. *Plantas para adubação verde de inverno*. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (IAPAR. Circular, 73).

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.761-773, jul. 1985.

FELDSTEIN, M.S. Mean variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. *Review of Economic Studies*, Oxford, UK, v.36, n.1, p.5-14, 1969.

HANOCH, G.; LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. *Journal of Business*. Chicago, v.43, n.2, p.181-189, 1970.

MOUTINHO, D.V.; SANDERS JUNIOR, J.H.; WEBER, M.T. Tomada de decisão sob condições de risco em relação à nova tecnologia para a produção de feijão de corda. *Revista de Economia Rural*, Brasília, v.16, n.4, p.41-58, out./dez. 1978.

- PORTO, V.H. da F.; CRUZ, E.R. da; INFELD, J.A. Metodologia para incorporação de risco em modelos de decisão usados na análise comparativa entre alternativas: o caso da cultura do arroz irrigado. *Revista de Economia Rural*, Brasília, v.20, n.2, p.193-211, abr./jun. 1982.
- REIS, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. *Estratégia para o controle de doenças do trigo*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1988. 50p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 7).
- SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; SANDINI, I. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas envolvendo soja e cevada, num período de dez anos, sob plantio direto, em Guarapuava, PR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 23., 1995, Porto Alegre, RS. *Soja: resultados de pesquisa 1994-1995*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995a. p.164-173. (Embrapa-CNPT. Documentos, 22).
- SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Análise de risco de sistemas de rotação de culturas envolvendo soja e trigo, num período de dez anos, sob plantio direto, em Guarapuava, PR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 23., 1995, Porto Alegre, RS. *Soja: resultados de pesquisa 1994-1995*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995b. p.193-202. (Embrapa-CNPT. Documentos, 22).
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; LHAMBY, J.C.B.; PEREIRA, L.R.; ROMAN, E.S.; SALVADORI, J.R. *Efeito do manejo do solo e de sistemas de cultivo sobre a produção de trigo*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1990. 15p. (Embrapa-CNPT. Projeto nº 004.86.008/6).
- ZENTNER, R.P.; SELLES, F.; SANTOS, H.P. dos; AMBROSI, I. Effect of crop rotations on yields, soil characteristics, and economic returns in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS, 1990, Passo Fundo, RS. *Conservation tillage for subtropical areas: proceedings*. Passo Fundo: CIDA/Embrapa-CNPT, 1990. p.96-116.