

Passo Fundo, RS
Outubro, 2001

Autores

Henrique Pereira dos Santos
Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da
Embrapa Trigo, Caixa Postal
451, 99001-970 Passo Fundo,
RS. Bolsista CNPq-PQ.
E-mail:
hpsantos@cnpt.embrapa.br

Ivo Ambrosi
Economista, M.Sc., Embrapa
Trigo.

Julio Cesar Barrebeche Lhamby
Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da
Embrapa Trigo.
E-mail: julio@cnpt.embrapa.br

Ariano Moraes Prestes
Eng.-Agr., Dr., Pesquisador da
Embrapa Trigo. Bolsista
CNPq-PQ.
E-mail: ariano@cnpt.embrapa.br

João Carlos Ignaczak
Eng.-Agr., M.Sc., Pesquisador
da Embrapa Trigo
E-mail: igna@cnpt.embrapa.br

Sistemas de Rotação de Culturas



Introdução

Poucos são os trabalhos, no Brasil, dedicados a avaliar os aspectos agronômicos relacionados com sistemas de rotação de culturas ou com sistemas de produção de grãos. Além disso, existem relativamente poucas publicações sobre os sistemas de rotação de culturas mais lucrativos e de menor risco a ser oferecidas aos agricultores. Com este trabalho, pretende-se ampliar as informações a respeito desse assunto.

A rotação de culturas é uma prática agrícola recomendada desde há muito tempo. A observação e a experiência antiga mostraram aos agricultores a necessidade de trocar as culturas em um mesmo campo, através da prática de rotação. Rotação, do ponto de vista fitopatológico, consiste em deixar de semear uma cultura, em uma mesma lavoura, até que ocorra a completa decomposição de restos vegetais por microorganismos e, conseqüentemente, a eliminação de patógenos (Reis, 1991). Se utilizado como exemplo o caso de trigo, a decomposição de seus restos vegetais, para completa eliminação de fitopatógenos necrotróficos, pode levar de 12 a 16 meses (Reis & Santos, 1993). Esse seria, portanto, o período requerido para o retorno de trigo à mesma área, pois a não adoção dessa prática favoreceria a sobrevivência e a multiplicação de patógenos do sistema radicular (mal-do-pé, *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, e podridão comum, *Bipolaris sorokiniana*) e de manchas foliares (mancha marrom, *B. sorokiniana*; septorioses, *Stagonospora nodorum* e *Septoria tritici*; e mancha amarela da folha, *Drechslera tritici-repentis*) de trigo (Reis et al., 1988; Santos et al., 1990).

Na rotação de culturas sob plantio direto, os restos vegetais das diferentes espécies usadas são deixados na superfície do solo. Nesse local, os resíduos vegetais decompõem-se mais lentamente do que os incorporados ao solo pelas operações de preparo (Roman & Velloso, 1993). Essa cobertura de solo tanto pode proporcionar efeitos positivos como efeitos negativos sobre o crescimento de plantas.

Para o planejamento da seqüência de culturas alternativas dentro de um programa de rotação, deve-se considerar, além do potencial de rentabilidade de cada espécie, a suscetibilidade de cada cultura à infestação de pragas, de plantas daninhas e de doenças, a disponibilidade de equipamentos para o manejo de culturas e de

resíduos vegetais (Santos et al., 1993), o histórico e o estado atual da lavoura, atentando para os aspectos de fertilidade do solo e de exigência nutricional das plantas (Sociedade..., 1995). Além disso, deve-se ter em mente o ciclo de cada espécie, ou seja, quanto tempo cada espécie irá permanecer no solo.

No caso de se estabelecer uma espécie de cobertura de solo, no inverno, é interessante visar ao retorno econômico da própria cultura, como produção de sementes ou pastejo, e também ao fornecimento de nitrogênio à cultura subsequente (Didonet & Santos, 1996). Isso é válido para todas as espécies envolvidas nos sistemas de rotação de culturas.

A adoção de rotação de culturas tem contribuído para aumentar a estabilidade e a redução de perdas de rendimento de grãos das espécies componentes dos sistemas, entre as quais encontram-se, igualmente, milho e sorgo (Dick & Van Doren Jr., 1985; Langdale et al., 1990; Varvel, 1994). O melhor rendimento de grãos de milho e de sorgo foi obtido quando se usou rotação de culturas, em relação à monocultura dessas gramíneas.

O rendimento de grãos e a estatura de plantas de soja, em sistemas de sucessão ou de rotação de culturas, têm sido influenciados pelos resíduos de aveia branca, de cevada, de colza, de linho e de trigo (Santos et al., 1989). Em trabalhos realizados em Guarapuava, PR, o menor rendimento de grãos de soja, em sistemas de rotação de culturas para cereais de inverno, sob plantio direto, foi relacionado à profundidade de semeadura dessa leguminosa, proporcionada pela inadequada cobertura de solo pelo linho, em relação à aveia branca, à cevada ou ao trigo (Santos et al., 1997; 1998).

Outro fator decorrente dos sistemas de rotação de culturas são os restos vegetais de culturas de cobertura de inverno e de adubação verde de verão. De acordo com Derpsch et al. (1985), o melhor rendimento de grãos de milho foi obtido após tremoço branco, ervilhaca peluda e nabo-forrageiro, e o pior rendimento, após centeio, aveia preta e girassol.

Por outro lado, trabalhos de pesquisa relatam que uma forma mais adequada para avaliar o nível de desenvolvimento da agricultura de uma região consiste na análise dos fluxos de energia associados a essa atividade (Pimentel, 1980b). A relação entre a energia contida nos alimentos produzidos e a energia fóssil contida nos insumos gastos para a produção (combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas) constitui instrumento para avaliar o grau de sustentabilidade da agricultura.

Dentro dessa idéia, existem vários trabalhos, desenvolvidos na Alemanha, no Brasil, no Canadá, nos Estados Unidos da América, na França, na Índia e na Inglaterra, que estudaram essa relação em culturas isoladamente (White, 1975; Berardi, 1978; Pimentel, 1980b; Wilson & Brigstocke, 1980; Quesada et al., 1987; Bohra et al., 1990). Porém há poucas pesquisas relativas ao estudo da conversão energética e do balanço energético em sistemas que envolvem rotação de culturas para reduzir os custos de produção de grãos.

No estabelecimento de sistemas de rotação de culturas, interessam aqueles que apresentem produções sustentáveis, com maior retorno econômico líquido. Para isso, é indicado intercalar espécies de plantas de famílias diferentes, como, por exemplo: gramíneas, leguminosas e crucíferas (Derpsch, 1985; Santos, 1992; Santos et al., 1993).

Na introdução de determinadas tecnologias, além da análise econômica, passa a interessar o risco que determinada tecnologia possa propiciar aos agricultores (Porto et al., 1982). Essas informações não estão vinculadas somente à rentabilidade, mas, igualmente, ao risco a que o agricultor estará se expondo com a adoção de tecnologias.

Dentro dessa idéia, a análise econômica pode ser obtida por meio de diversas alternativas (Cruz, 1986). Relacionando ao risco, Cruz (1984) destaca a análise da média variância e a de risco (distribuição da probabilidade acumulada e dominância estocástica).

Este trabalho teve vários objetivos a saber:

- Avaliar o efeito de sistemas de rotação de culturas na fertilidade do solo;
- Verificar o efeito da rotação de culturas no rendimento de grãos, na severidade de doenças de raízes e em algumas características agrônômicas de trigo;
- Observar os efeitos de diferentes sucessões ou rotação de culturas sobre o rendimento de grãos (milho e soja) e sobre a estatura de plantas (soja);
- Avaliar a conversão energética e o balanço energético de sistemas de rotação de culturas;
- Avaliar economicamente os sistemas de rotação de culturas; e
- Avaliar os riscos da adoção dos sistemas de rotação de culturas.

Material e Métodos

Neste trabalho, foram usados os dados obtidos no experimento de sistemas de

rotação de culturas para trigo, conduzido na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, de 1987 a 1995, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999). Anteriormente à instalação do ensaio, a área experimental vinha sendo cultivada com trigo, no inverno, e com soja, no verão.

Os tratamentos consistiram em sete sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja); sistema II (trigo/soja, de 1987 a 1989, e trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995); sistema III (trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo); sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1987 a 1989, e trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995); sistema V (trigo/soja, trigo/soja, aveia preta ou aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo); sistema VI (trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1987 a 1989, e trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995); e sistema VII (pousio de inverno/soja, a partir de 1990) (Tabela 1). As culturas de inverno foram estabelecidas em preparo convencional de solo, e as de verão, sob semeadura direta. Em 1990, foram adicionadas duas parcelas por repetição, para completar o sistema II e para pousio de inverno antecedendo a cultura de soja (sistema VII). A partir de 1990, no terceiro e no quinto sistemas de rotação, a sucessão aveia preta/soja foi substituída por aveia branca/soja. Nesse mesmo ano (1990), no quarto e no sexto sistemas de rotação, a sucessão linho/soja foi substituída por girassol. A partir de 1993, nesses mesmos sistemas, o girassol foi substituído pela sucessão aveia preta/soja. Em 1994, o milho foi substituído por sorgo.

Tabela 1. Sistemas de rotação de culturas com espécies de inverno e de verão

Sistema de rotação	Ano								
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Sistema I	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S	T/S
Sistema II	T/S	T/S	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	E/So	T/S
	-	-	-	T/S	E/M	T/S	E/M	T/S	E/So
Sistema III	T/S	Ap/S	E/M	T/S	Ab/S	E/M	T/S	Ab/S	E/So
	Ap/S	E/M	T/S	Ab/S	E/M	T/S	Ab/S	E/So	T/S
	E/M	T/S	Ap/S	E/M	T/S	Ab/S	E/M	T/S	Ab/S
Sistema IV	T/S	Ab/S	L/S	E/M	T/S	Gir	Ab/S	E/So	T/S
	Ab/S	L/S	E/M	T/S	Gir	Ab/S	E/M	T/S	Ap/S
	L/S	E/M	T/S	Gir	Ab/S	E/M	T/S	Ap/S	Ab/S
	E/M	T/S	Ab/S	Ab/S	E/M	T/S	Ap/S	Ab/S	E/So
Sistema V	T/S	T/S	Ap/S	E/M	T/S	T/S	Ab/S	E/So	T/S
	T/S	Ap/S	E/M	T/S	T/S	Ab/S	E/M	T/S	T/S
	Ap/S	E/M	T/S	T/S	Ab/S	E/M	T/S	T/S	Ab/S
	E/M	T/S	T/S	Ab/S	E/M	T/S	T/S	Ab/S	E/So
Sistema VI	T/S	T/S	Ab/S	Ab/S	E/M	T/S	T/S	Ap/S	Ab/S
	T/S	Ab/S	L/S	E/M	T/S	T/S	Ap/S	Ab/S	E/So
	Ab/S	L/S	E/M	T/S	T/S	Gir	Ab/S	E/So	T/S
	L/S	E/M	T/S	T/S	Gir	Ab/S	E/M	T/S	T/S
	E/M	T/S	T/S	Gir	Ab/S	E/M	T/S	T/S	Ap/S
Sistema VII	-	-	-	P/S	P/S	P/S	P/S	P/S	P/S

Ab = aveia branca; Ap = aveia preta; E = ervilhaca; Gir = girassol; L = linho; M = milho, P = pousio; S = soja; So = sorgo e T = trigo.

Em abril de 1987, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo da área experimental, cujos valores indicavam: pH = 5,6, Al trocável = 1,5 cmol_c dm⁻¹, Ca + Mg trocáveis = 77,1 cmol_c dm⁻¹, matéria orgânica = 35 g kg⁻¹, P extraível = 18,5 mg kg⁻¹ e K trocável = 106 mg kg⁻¹. A acidez do solo da área experimental foi corrigida com 6,0 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 90 %), aplicadas em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade de discos).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. O tamanho da parcela foi de 30,0 m² (3,0 m de largura por 10,0 m de comprimento).

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação para cada cultura e baseada nos resultados da análise de solo (Sociedade..., 1995). As amostras

de solo foram coletadas sempre após a colheita das culturas de inverno e de verão, na profundidade de 0-20 cm (tabelas 2 e 3).

As épocas de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram executados de acordo com a recomendação das comissões de pesquisa para cada cultura (Comissão..., 1995; Fepagro, 1997; Reunião..., 1997a; 1997b). O rendimento de grãos de aveia branca, de girassol, de milho, de soja e de trigo foi corrigido para umidade de 13 %, e o de linho, para 10 %.

Foi realizada a análise de variância individual e conjunta de severidade de doenças de raízes de trigo, e dos componentes do rendimento de trigo (de 1991 a 1995), de milho (1987 a 1989, de 1991 e 1992), de sorgo (de 1994 e 1995) e de soja (de 1987 a 1989, de 1990 a 1992 e de 1993 a 1995).

Considerou-se o efeito do tratamento como

fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Os dados originais foram transformados em arcoseno para análise da severidade de doenças de raízes de trigo. As médias foram comparadas entre si pela aplicação do teste

de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. Além disso, para estimar o efeito de alguns parâmetros estudados no rendimento de grãos de trigo, aplicou-se a análise de correlação.

Tabela 2. Coeficientes energéticos por unidade de insumos, de operações de campo, de rendimento de grãos, de matéria seca e de quantidade de N da matéria seca usados nos sistemas de rotação de culturas para trigo

Especificação	Unidade	Kcal/unidade	Referência
Energia consumida:			
Calcário	kg	400	Mello (1986)
Semente - aveia branca	kg	4.108	Heichel (1980)
- aveia preta	kg	4.108	-
- ervilhaca	kg	7.584	-
- girassol	kg	6.794	-
- linho	kg	6.794	Heichel (1980)
- milho	kg	24.806	Heichel (1980)
- soja	kg	7.584	Heichel (1980)
- trigo	kg	3.002	Heichel (1980)
Fertilizante - N	kg	18.518	Marchioro (1985)
- P	kg	3.350	Marchioro (1985)
- K	kg	2.315	Marchioro (1985)
Fungicida - manzate	kg	51.600	Pimentel (1980a)
- propiconazole	l	64.910	Pimentel (1980a)
- tiabendazole	kg	51.600	Pimentel (1980a)
- thiran + iprodione	kg	51.600	Pimentel (1980a)
- triadimefon	kg	64.910	Pimentel (1980a)
Herbicida - 2,4 - D	l	99.910	Pimentel (1980a)
- atrazina	l	99.910	Marchioro (1985)
- atrazina + metolachlor	l	99.910	Pimentel (1980a)
- atrazina + simazina	l	99.910	Pimentel (1980a)
- bentazon	l	99.910	Pimentel (1980a)
- diuron + paraquat	l	99.910	Pimentel (1980a)
- glifosate	l	99.910	Pimentel (1980a)
- imazaquin	l	99.910	Pimentel (1980a)
- metribuzin	l	99.910	Pimentel (1980a)
- paraquat	l	62.770	Pimentel (1980a)
- trifluralina	l	86.910	Pimentel (1980a)
Inseticida - endossulfam	l	86.910	Pimentel (1980a)
- fosfamidom	l	86.910	Pimentel (1980a)
- monocrotofós	l	86.910	Pimentel (1980a)
- pirimicarbe	kg	86.910	Pimentel (1980a)
- lambdacialotrina	l	86.910	Pimentel (1980a)
- permetrina	l	74.300	Pimentel (1980a)
- triclorfom	l	86.910	Pimentel (1980a)
Semeadura e adubação	h/e.t.	6.994	Mello (1986)
Aplicação cobertura ou produto	h/e.t.	2.356	Mello (1986)
Colheita mecânica	h/col.	187.131	Mello (1986)
Energia produzida: - aveia branca	kg	4.155	Embrapa (1991)
- aveia preta	kg	1.817	Freitas et al. (1994)
- ervilhaca	kg	2.319	Freitas et al. (1994)
- girassol	kg	4.160	Freitas et al. (1994)
- linho	kg	3.334	Zentner et al. (1989)
- milho	kg	3.950	Embrapa (1991)
- soja	kg	4.000	Marchioro (1985)
- trigo	kg	3.691	Marchioro (1985)

Abreviaturas: h/e.t.: hora de trabalho com equipamento e trator; h/col.: hora de trabalho com colhedora.

Tabela 3. Preço unitário (R\$) de insumos usados e de venda de produtos

Produto	Preço (R\$) ¹	Preço (R\$) ²
Produtos	Semente	Produto
aveia preta	220,00 t ⁻¹	800,00 t ⁻¹
aveia branca	250,00 t ⁻¹	250,00 t ⁻¹
ervilhaca	1.000,00 t ⁻¹	800,00 t ⁻¹
girassol	600,00 t ⁻¹	200,00 t ⁻¹
linho	400,00 t ⁻¹	200,00 t ⁻¹
milho	280,00 t ⁻¹	113,00 t ⁻¹
soja	400,00 t ⁻¹	200,00 t ⁻¹
sorgo	2.000,00 t ⁻¹	91,00 t ⁻¹
trigo	320,00 t ⁻¹	157,00 t ⁻¹
Fertilizantes		
N		800,00 t ⁻¹
P ₂ O ₅		780,00 t ⁻¹
K ₂ O		470,00 t ⁻¹
cálcario		28,00 t ⁻¹
Fungicidas		
iprodione		1,15 kg ⁻¹
iprodione + thiram		1,20 kg ⁻¹
manzate		8,50 kg ⁻¹
propiconazole		44,00 l ⁻¹
triadimefon		41,00 kg ⁻¹
tiabendazole		1,15 kg ⁻¹
triadimenol		5,50 kg ⁻¹
Herbicidas		
2,4D		6,00 l ⁻¹
assist		2,30 l ⁻¹
atrazina		5,60 l ⁻¹
atrazina + metolachlor		6,00 l ⁻¹
atrazina + simazina		5,60 l ⁻¹
bentazon		21,00 l ⁻¹
diuron + paraquat		7,50 l ⁻¹
glifosate		7,50 l ⁻¹
metribuzin		24,00 l ⁻¹
paraquat		8,60 l ⁻¹
trifluralina		4,50 l ⁻¹
setoxidim		20,00 l ⁻¹
Inseticidas		
endossulfam		7,50 l ⁻¹
formicida		4,50 kg ⁻¹
lambdacialotrina		30,00 l ⁻¹
monocrotofós		9,50 l ⁻¹
pirimicarbe		25,00 l ⁻¹
triclorfom		7,50 l ⁻¹
vamidotiom		2 2,00 l ⁻¹

¹ Os custos com insumos foram levantados em maio de 1996.² Para a venda de produtos foram usados os preços médios de mercado dos últimos cinco anos.

A conversão energética dos sistemas estudados resulta da divisão da energia produzida pela consumida, em cada sistema. O balanço energético dos sistemas estudados resulta da diferença entre a energia produzida e a consumida, em cada sistema. Como energia produzida, considerou-se a estimativa da transformação do rendimento de grãos, da biomassa seca ou da quantidade de N na biomassa seca em energia. Como energia consumida, considerou-se a soma dos coeficientes energéticos equivalentes aos corretivos, aos fertilizantes, às sementes, aos fungicidas, aos herbicidas e aos inseticidas, usados em cada sistema, bem como a energia consumida pelas operações de semeadura, de adubação, de aplicação de produtos, de adubação nitrogenada e de colheita (Tabela 2).

No presente trabalho, para o cálculo de diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos, biomassa seca, quantidade de N na biomassa seca e operações de campo, foram empregados dados e orientações gerados por Heichel (1980), por Pimentel (1980a), por Pimentel (1980b), por Marchioro (1985), por Mello (1986), por Zentner et al. (1989), por Embrapa (1991) e por Freitas et al. (1994).

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 campo) e custos fixos (exemplo: depreciação de máquinas e de equipamentos e juros sobre o capital)]. Os preços dos insumos e de venda dos produtos são mostrados na Tabela 3. Os preços dos insumos e os custos de operações

de campo foram levantados em maio de 1996, e para a venda de produtos foram usados os preços médios de mercado, dos últimos cinco anos, em Passo Fundo.

Foram efetuadas análises de variância da conversão energética, do balanço energético e da receita líquida da média conjunta dos anos nos dois períodos, 1987 a 1989 e 1990 a 1995. No caso de aveia preta e de ervilhaca, de 1987 a 1993, foi considerada como rendimento a contribuição ao solo de 90 kg de N ha⁻¹ (Derpsch & Calegari, 1992, Aita et al., 1994). De 1994 a 1995, o rendimento dessas espécies foi determinado em função da sua biomassa seca x percentagem de N. A análise de variância conjunta foi aplicada a esses dois períodos devido à alteração no sistema II e à adição do sistema VII. Nas análises de variância, consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos sistemas em estudo. Nas análises conjuntas, considerou-se o efeito tratamento como fixo, e o efeito ano, como aleatório. A avaliação dos sistemas de rotação, em todas as análises, foi realizada pelo teste F, usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas de rotação envolvidos em cada comparação. Essa metodologia de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara os sistemas dois a dois em uma unidade de base homogênea.

Foi efetuada a análise de variância (média variância) da receita líquida da média conjunta dos anos nos dois períodos, de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995. A análise da média variância foi aplicada a esses dois períodos, devido à alteração no sistema II e à inclusão do sistema VII. 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 de variância (Feldstein, 1969; Porto et al., 1982). As médias foram comparadas entre si, pela aplicação do teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Paralelamente, foi aplicado à receita líquida o programa para computador denominado "Biorisco" ou "Pacta", que é baseado no critério de simetria de Hanoch & Levy (1970). Esse programa compara as alternativas, duas a duas, dos pontos de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica), conforme descrito por Cruz (1980).

A partir dos dados de entradas de preços, rendimento de grãos e custos de cada alternativa, são geradas distribuições de probabilidade cumulativa dessas variáveis, mediante o processo de Monte Carlo, bem como a distribuição da receita líquida correspondente a cada alternativa. Com base nessas distribuições de probabilidade cumulativa (Anderson, 1976), são impressos intervalos de preços, rendimento de grãos e receitas líquidas, com 5 % de probabilidade de cada intervalo (twentiles). Esse princípio baseia-se no critério da "segurança em primeiro lugar", ou seja, qual a possibilidade de um dos tratamentos apresentar determinada renda líquida? O valor seria escolhido pelo tomador de decisão.

A análise da dominância estocástica ("pairwise") (Hanoch & Levy, 1970) leva em conta toda a distribuição cumulativa dos retornos de cada tratamento. Esse modelo tem a vantagem de reduzir consideravelmente o número de alternativas eficientes, porque dispõe de elevado nível de discriminação.

Resultados

Fertilidade do solo

Sempre após a colheita das culturas de inverno e de verão, foram coletadas amostras de solo (tabelas 4 e 5). Na maioria dos anos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos que formaram os sistemas de rotação de culturas. Apenas em anos esporádicos foram verificadas diferenças significativas, em alguns tratamentos, somente para os valores de matéria orgânica e de potássio trocável do solo. Para os valores de matéria orgânica, essa diferença ocorreu em tratamentos diferentes ao longo dos anos. Para potássio trocável, o sistema VII composto pelo pousio de inverno apresentou, em algumas amostragens de solo, menor teor do que os demais sistemas de rotação de culturas estudados. Isso pode ser devido ao fato de que esse tratamento só foi fertilizado no verão. Em virtude disso, a avaliação de pH, de Al trocável, de Ca + Mg trocáveis, de matéria orgânica, de P extraível e de K trocável do solo, nesse período, está sendo apresentada de forma reduzida nas tabelas 4 e 5, ou seja, nessas tabelas consta apenas a média de todos os tratamentos amostrados, no inverno e no verão, desses elementos químicos e do nível de matéria orgânica.

Dados climáticos

Os valores médios - referentes aos meses de junho a outubro ou outubro a abril, da normal (1961 a 1990), e dos anos 1991 a 1995 (culturas de inverno) ou de 1987/88 a 1995/96 (culturas de verão) - da precipitação pluvial, registrados em Passo Fundo, são apresentados nas tabelas 6 e 7.

Tabela 4. Valores médios de pH, de alumínio, de cálcio + magnésio, de fósforo, de potássio e de matéria orgânica do solo, em diferentes anos, após as culturas de verão

Análise de solo	Ano								
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
pH em água 1:1	5,6	5,6	5,5	6,1	5,6	5,5	5,7	5,7	5,2
Al trocável (mmol _c dm ³)	1,5	1,3	2,2	0,0	1,6	2,6	1,2	1,1	3,6
Ca + Mg trocáveis (mmol _c dm ³)	77,1	94,8	109,2	96,7	93,7	90,4	81,1	95,7	71,8
P extraível (mg kg ⁻¹)	18,5	25,5	22,6	15,6	14,8	16,9	14,9	40,2	13,6
K trocável (mg kg ⁻¹)	106	101	118	124	123	110	107	127	90
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	35	42	39	40	28	25	27	23	26

Tabela 5. Valores médios de pH, de alumínio, de cálcio + magnésio, de fósforo, de potássio e de matéria orgânica do solo, em diferentes anos, após as culturas de inverno

Análise de solo	Ano								
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
pH em água 1:1	5,7	5,9	5,8	5,8	5,7	5,6	5,6	5,5	5,4
Al trocável (mmol _c dm ³)	1,1	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	1,7	1,6	2,6
Ca + Mg trocáveis (mmol _c dm ³)	85,6	90,4	97,1	98,5	92,7	79,7	77,6	79,6	78,1
P extraível (mg kg ⁻¹)	27,7	24,7	18,5	14,5	18,5	13,6	16,5	17,8	15,0
K trocável (mg kg ⁻¹)	114	126	121	144	141	121	157	123	121
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	34	41	38	42	28	21	29	29	28

Tabela 6. Dados relativos à precipitação pluvial de 1991 a 1995 e da normal de 1961 a 1990

Ano	Mês					Total
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	
Precipitação pluvial	----- mm -----					
Normal 61 a 90	129	153	166	207	167	822
1991	241	124	64	62	176	667
1992	110	242	145	186	137	820
1993	137	284	15	136	154	726
1994	199	243	46	162	309	959
1995	175	136	76	135	199	721

Fonte: Brasil (1992).

Tabela 7. Dados relativos à precipitação pluvial de 1987/88 a 1995/96 e da normal de 1961 a 1990

Ano	Mês							Total
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	
Precipitação	----- mm -----							
Normal								
1961 a 1990	167	141	162	143	148	121	118	1.000
1987/88	162	83	130	267	27	54	199	922
1988/89	144	114	198	246	104	120	102	1.028
1989/90	153	93	163	206	112	166	253	1.146
1990/91	260	243	101	147	30	37	108	926
1991/92	147	81	264	183	164	203	118	1.160
1992/93	137	280	130	256	153	197	75	1.228
1993/94	137	274	259	55	334	70	194	1.323
1994/95	309	138	235	301	84	74	68	1.209
1995/96	199	78	32	355	135	105	76	980

Fonte: Brasil (1992).

Rendimento de grãos em geral

O rendimento de grãos e de biomassa seca das culturas de cobertura de solo e de adubação verde, abrangendo os diferentes sistemas de rotação, de 1987 a 1995, são apresentados na Tabela 8. O rendimento de grãos de trigo nos diversos sistemas, nesse período, variou de 956 kg ha⁻¹ (sistema I),

no ano de 1993, a 5.204 kg ha⁻¹ (sistema IV), no ano de 1992. O rendimento de grãos de milho, no período de 1987 a 1993, oscilou de 4.262 a 9.292 kg ha⁻¹, enquanto o de sorgo, de 1994 a 1995, variou de 4.411 a 9.421 kg ha⁻¹. O rendimento de grãos de soja, durante o período, variou de 905 a 4.712 kg ha⁻¹.

Tabela 8. Rendimento de grãos de espécies de inverno e de verão (kg ha⁻¹) em sistemas de rotação de culturas

	Anos									
	1987		1988		1989		1990		1991	
Sistema I	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
	3.742	1.595	2.170	3.339	3.005	1.886	3.415	1.118	2.925	2.659
Sistema II	T	S	T	S	T	S	E	M	T	S
	3.671	2.192	2.391	3.643	3.171	1.862	*	- ²	3.685	2.705
	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	T	S	E	M
							4.261	1.833	*	7.471
Sistema III	T	S	Ap	S	E	M	T	S	Ab	S
	3.736	1.695	*	3.263	*	8.684	3.847	1.440	- ⁵	2.844
	Ap	S	E	M	T	S	Ab	S	E	M
	*	1.327	*	7.824	3.531	2.760	3.646	918	*	7.351
	E	M	T	S	Ap	S	E	M	T	S
	*	4.262	2.356	3.997	*	1.863	*	- ²	3.927	2.942
Sistema IV	T	S	Ab	S	L	S	E	M	T	S
	3.599	1.647	3.617	3.442	2.083	1.908	*	- ²	3.874	2.759
	Ab	S	L	S	E	M	T	S	- ¹	Gir
	2.690	1.334	2.070	2.570	*	9.164	3.928	1.389	-	2.933
	L	S	E	M	T	S	- ¹	Gir	Ab	S
	1.672	1.420	*	8.767	3.119	2.183		2.597	- ⁵	2.856
	E	M	T	S	Ab	S	Ab	S	E	M
	*	4.709	2.462	3.937	4.246	2.029	3.933	1.036	*	7.946
Sistema V	T	S	T	S	Ap	S	E	M	T	S
	3.478	1.736	2.081	3.202	*	2.089	*	- ²	3.788	2.945
	T	S	Ap	S	E	M	T	S	T	S
	3.406	1.433	*	3.443	*	8.422	4.341	1.473	2.986	3.240
	Ap	S	E	M	T	S	T	S	Ab	S
	*	1.614	*	7.620	3.239	2.237	3.032	913	- ⁵	2.038
	E	M	T	S	T	S	Ab	S	E	M
	*	4.629	2.449	3.986	3.106	1.730	4.119	1.117	*	7.260
Sistema VI	T	S	T	S	Ab	S	Ab	S	E	M
	3.423	1.757	2.272	3.108	4.388	1.895	3.635	1.034	*	7.932
	T	S	Ab	S	L	S	E	M	T	S
	3.589	1.723	3.864	3.604	2.215	1.786	*	- ²	3.680	2.944
	Ab	S	L	S	E	M	T	S	T	S
	2.528	1.338	2.163	2.553	*	9.292	3.569	1.244	3.967	3.014
	L	S	E	M	T	S	T	S	- ¹	Gir
	1.680	1.483	*	8.900	3.330	2.471	3.937	905		3.150
	E	M	T	S	T	S	- ¹	Gir	Ab	S
	*	5.026	2.471	4.301	2.961	2.400		2.446	- ⁵	3.076
Sistema VII	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	P	S	P	S
								1.570		3.735

Ab = aveia branca; Ap = aveia preta; E = ervilhaca; Gir = girassol; L = linho; M = milho; P = pousio; S = soja; e T = trigo. ¹ Não foi semeada cultura nesse período; ² O milho não foi colhido nesse ano, devido à forte estiagem que ocorreu na região; ³ Rendimento de matéria seca de ervilhaca; ⁴ O milho não foi colhido nesse ano (1993), devido à retirada de todas as espigas, quando estas encontravam-se em estágio de grãos em massa, por pessoas alheias ao quadro da empresa; ⁵ A aveia branca não foi colhida nesse ano, devido a dano por granizo; ⁶ Rendimento de matéria seca de aveia preta; * Cultura de cobertura de solo, no inverno.

Continuação Tabela 8

	Anos							
	1992		1993		1994		1995	
Sistema I	T	S	T	S	T	S	T	S
	3.083	2.687	956	1.821	2.490	3.902	2.238	3.228
Sistema II	E	M	T	S	E	So	T	S
	*	8.143	2.359	2.928	5.900 ³	9.092	3.063	3.475
	T	S	E	M	T	S	E	So
	4.968	4.305	4.050 ³	- ⁴	3.434	4.227	3.800 ³	4.756
Sistema III	E	M	T	S	Ab	S	E	So
	*	7.654	2.304	2.831	2.614	3.944	3.230 ³	4.411
	T	S	Ab	S	E	So	T	S
	4.782	4.127	2.670	2.208	5.850 ³	7.893	2.504	3.434
	Ab	S	E	M	T	S	Ab	S
	4.165	2.875	4.320 ³	- ⁴	3.496	3.876	2.455	3.080
Sistema IV	- ¹	Gir	Ab	S	E	So	T	S
		2.639	2.874	3.627	6.180 ³	9.421	2.954	3.573
	Ab	S	E	M	T	S	Ap	S
	4.013	4.598	3.950 ³	- ⁴	3.479	4.258	3.810 ⁶	3.166
	E	M	T	S	Ap	S	Ab	S
	*	8.259	2.633	3.083	4.070 ⁶	4.243	2.604	3.307
	T	S	Ap	S	Ab	S	E	So
	5.204	4.242	*	2.106	2.599	3.810	3.310 ³	5.285
Sistema V	T	S	Ab	S	E	So	T	S
	4.963	2.951	2.502	1.890	5.500 ³	8.455	2.805	3.618
	Ab	S	E	M	T	S	T	S
	4.098	3.039	4.290 ³	- ⁴	3.566	4.141	2.758	3.461
	E	M	T	S	T	S	Ab	S
	*	8.806	2.587	2.765	3.220	4.038	2.415	3.350
	T	S	T	S	Ab	S	E	So
	4.963	3.859	2.177	1.981	2.583	3.785	3.580 ³	4.720
Sistema VI	T	S	T	S	Ap	S	Ab	S
	4.768	4.110	1.828	2.010	4.120 ⁶	3.910	2.285	3.384
	T	S	Ap	S	Ab	S	E	So
	5.320	2.822	*	2.057	2.684	4.070	3.400 ³	5.540
	- ¹	Gir	Ab	S	E	So	T	S
		2.658	2.899	3.117	6.090 ³	8.308	2.853	3.565
	Ab	S	E	M	T	S	T	S
	4.201	4.712	4.800 ³	- ⁴	3.481	4.441	3.299	3.572
	E	M	T	S	T	S	Ap	S
	*	8.009	2.714	3.061	3.512	3.712	4.500 ⁶	3.042
Sistema VII	P	S	P	S	P	S	P	S
		3.192		2.141		4.003		2.826

Ab = aveia branca; Ap = aveia preta; E = ervilhaca; Gir = girassol; L = linho; M = milho; P = pousio; S = soja; So = Sorgo; e T = trigo.¹ Não foi semeada cultura nesse período; ² O milho não foi colhido nesse ano, devido à forte estiagem que ocorreu na região; ³ Rendimento de matéria seca de ervilhaca; ⁴ O milho não foi colhido nesse ano (1993), devido à retirada de todas as espigas, quando estas encontravam-se em estágio de grãos em massa, por pessoas alheias ao quadro da empresa; ⁵ A aveia branca não foi colhida nesse ano, devido a dano por granizo; ⁶ Rendimento de matéria seca de aveia preta; * Cultura de cobertura de solo, no inverno.

Rendimento de grãos, severidade de doenças de raízes e outras características agrônômicas de trigo

As características agrônômicas de trigo foram avaliadas a partir de 1991, ano em que se completou o primeiro ciclo de rotação, possibilitando observar o sistema de rotação com três invernos sem trigo (tabelas 9 a 12). Os dados relativos à severidade de doenças de raízes de trigo foram obtidos de 1993 a 1995.

Rendimento de grãos

Em todos os anos estudados (1991, 1992, 1993, 1994 e 1995) e na média dos anos, o rendimento de grãos de trigo (Tabela 9) diferiu significativamente entre os sistemas de rotação. Em 1992, 1993, 1994 e 1995 e na média dos anos, o menor rendimento de grãos manifestou-se na monocultura de trigo (média dos anos: 2.338 kg ha⁻¹), em relação a um inverno sem trigo (média dos anos 3.502 kg ha⁻¹), a dois invernos sem trigo

(média dos anos: 3.403 kg ha⁻¹), a três invernos sem trigo (média dos anos: 3.629 kg ha⁻¹), a dois invernos sem e dois com trigo (média dos anos: 3.476 e 3.290 kg ha⁻¹) e a

três invernos sem e dois com trigo (média dos anos: 3.557 e 3.528 kg ha⁻¹). Assim, o rendimento de grãos de trigo aumentou pelo uso da rotação de culturas de inverno.

Tabela 9. Efeitos de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo em 1991, 1992 e 1993, cultivar BR 23, e em 1994 e 1995, cultivar Embrapa 16

Sistema de rotação	Ano					Média
	1991	1992	1993	1994	1995	
	kg ha ⁻¹					
Monocultura de trigo ¹	2.925 b	3.083 b	956 d	2.490 c	2.238 d	2.338 b
Um inverno sem trigo ²	3.685 a	4.968 a	2.359 ab	3.434 ab	3.063 ab	3.502 a
Dois invernos sem trigo ³	3.927 a	4.782 a	2.304 ab	3.496 ab	2.504 cd	3.403 a
Três invernos sem trigo ⁴	3.874 a	5.204 a	2.633 a	3.479 ab	2.954 abc	3.629 a
Dois invernos sem e dois com trigo ⁵	3.789 a	4.980 a	2.587 ab	3.220 b	2.805 bc	3.476 a
Três invernos sem e dois com trigo ⁶	2.986 b	4.963 a	2.177 bc	3.566 a	2.758 bc	3.290 a
Média	3.604	4.758	2.195	3.335	2.809	3.340
C.V. (%)	8	7	12	5	9	-
F de tratamentos	7**	14**	14**	14**	5**	10**

¹ Monocultura de trigo/soja; ² Monocultura de trigo/soja, de 1987 a 1989, e trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1990 a 1995; ³ Trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; ⁴ Trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; ⁵ Trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; ⁶ Trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

** = nível de significância de 1 %.

Tabela 10. Efeitos de sistemas de rotação de culturas na severidade de doenças de raízes de trigo, em 1993, cultivar BR 23, e em 1994 e 1995, cultivar Embrapa 16

Sistema de rotação	Ano			Média
	1993	1994	1995	
	%			
Monocultura de trigo ¹	41 a	45 a	63 a	50 a
Um inverno sem trigo ²	13 b	9 b	17 c	13 b
Dois invernos sem trigo ³	15 b	5 b	9 d	10 b
Três invernos sem trigo ⁴	16 b	5 b	8 d	10 b
Dois invernos sem e dois com trigo ⁵	14 b	15 b	10 cd	13 b
Três invernos sem e dois com trigo ⁶	14 b	8 b	27 b	16 b
Média	23 b	10 b	11 cd	12 b
Média	19	13	26 b	19 b
C.V. (%)	19	54	21	18
F de tratamentos	6**	10**	15	-
			29**	15**

¹ Monocultura trigo/soja; ² Monocultura trigo/soja, de 1987 a 1989, e trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1990 a 1995; ³ Trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho; ⁴ Trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; ⁵ Trigo/soja, trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho; ⁶ Trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

** = nível de significância de 1 %.

Tabela 11. Efeitos de sistemas de rotação de culturas no peso de grãos por planta de trigo em 1991, 1992 e 1993, cultivar BR 23, e em 1994 e 1995, cultivar Embrapa 16

Sistema de rotação	Ano					Média
	1991	1992	1993	1994	1995	
	----- g planta ⁻¹ -----					
Monocultura de trigo ¹	1,61	1,16 b	0,80 c	1,03 c	0,93	1,11 b
Um inverno sem trigo ²	1,70	1,59 a	1,16 ab	1,25 ab	1,11	1,36 a
Dois invernos sem trigo ³	1,68	1,55 a	1,16 ab	1,42 a	1,10	1,38 a
Três invernos sem trigo ⁴	1,55	1,53 a	1,19 ab	1,17 bc	1,10	1,31 a
Dois invernos sem e dois com trigo ⁵	1,76	1,59 a	1,20 ab	1,22 b	1,10	1,37 a
Três invernos sem e dois com trigo ⁶	1,53	1,51 a	1,11 b	1,22 b	1,07	1,29 a
Média	1,65	1,50	1,12	1,22	1,07	1,31
C.V. (%)	9	6	10	9	6	-
F de tratamentos	1ns	8**	6**	3**	3ns	7**

¹ Monocultura de trigo/soja.² Monocultura de trigo/soja, de 1987 a 1989, e trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1990 a 1995.³ Trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁴ Trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁵ Trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁶ Trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns = não significativo.

** = nível de significância de 1 %.

Tabela 12. Efeitos de sistemas de rotação de culturas no peso do hectolitro de trigo em 1991, 1992 e 1993, cultivar BR 23, e em 1994 e 1995, cultivar Embrapa 16

Sistema de rotação	Ano					Média
	1991	1992	1993	1994	1995	
	----- kg hectolitro ⁻¹ -----					
Monocultura de trigo ¹	78	77 b	66 c	69	74	73 b
Um inverno sem trigo ²	80	81 a	74 ab	70	76	76 a
Dois invernos sem trigo ³	80	81 a	74 ab	71	77	76 a
Três invernos sem trigo ⁴	79	82 a	75 a	71	75	76 a
Dois invernos sem e dois com trigo ⁵	80	82 a	75 ab	70	75	76 a
Três invernos sem e dois com trigo ⁶	80	81 a	73 ab	71	76	76 a
Média	80	81	73	70	76	76
C.V. (%)	1	1	3	1	2	-
F de tratamentos	1ns	7**	9**	3ns	2ns	6**

¹ Monocultura de trigo/soja.² Monocultura de trigo/soja, de 1987 a 1989, e trigo/soja e ervilhaca/milho, de 1990 a 1995.³ Trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁴ Trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁵ Trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.⁶ Trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns = não significativo.

** = nível de significância de 1 %.

O rendimento de grãos de trigo relativamente baixo em 1993 pode ser explicado, em parte, pela baixa precipitação pluvial no mês de agosto, 15 mm (Tabela 6). Nesse ano, ocorreu temperatura mais elevada durante o mês de outubro, com maior incidência de doenças da parte aérea de trigo. Ao mesmo tempo, foi observada, nesse período (1991 a 1995), precipitação pluvial anual, na maioria dos anos, abaixo da normal (822 mm), porém acima da requerida para a cultura de trigo (aproximadamente 322 mm) (Matzenauer, 1992).

O rendimento de grãos de trigo correlacionou-se positivamente com o número de grãos por planta ($r: 86$), com o peso de grãos por planta ($r: 75$) e com a estatura de plantas ($r: 76$), todos ao nível de significância de 1 %.

Severidade de doenças de raízes de trigo

A avaliação do grau de severidade de doenças do sistema radicular de trigo (mal-do-pé, causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, e podridão comum, causada por *Bipolaris sorokiniana*) foi efetuada de acordo com o método descrito por Reis et al. (1985).

A severidade de doenças de raízes de trigo (mal-do-pé e podridão comum), de 1993 a 1995 e na média dos anos (Tabela 10), diferiu significativamente entre os sistemas de rotação e a monocultura. Os valores mais elevados da severidade do mal-do-pé e da podridão comum ocorreram na monocultura (50 %), em comparação aos sistemas de rotação sem trigo, em: um inverno (13 %), dois invernos (10 %), três invernos (10 %), dois invernos sem e dois com trigo (13 e 16 %) e três invernos sem e dois com trigo (12 e 19 %). Isso demonstra que um ano de rotação de culturas, com espécies não suscetíveis, reduz a incidência de doenças a um nível que não causa danos.

Outras características agrônômicas de trigo

Para a determinação dos componentes do rendimento (número de grãos e peso de grãos por planta), 50 espigas de trigo, por parcela, foram avaliadas ao acaso, imediatamente antes da colheita. O peso de 1.000 grãos e o peso do hectolitro foram avaliados dos grãos usados para determinar rendimento de grãos por parcela. A população inicial de plantas e o número de espigas foram determinados em duas amostras de 0,5 m² por parcela, e a estatura de plantas foi medida de cinco plantas escolhidas ao acaso, por parcela. A seguir, serão apresentados os resultados apenas de peso de grãos por planta e de peso de hectolitro de trigo, neste período de estudo.

Para o peso de grãos por planta, houve diferenças significativas entre as médias em 1992, 1993 e 1994 e na média dos anos (Tabela 11). O menor peso de grãos por planta ocorreu na monocultura de trigo, nos anos de 1992 e 1993 e na média dos anos. O peso do hectolitro de trigo mostrou diferenças significativas entre as médias em 1992 e 1993 e na média dos anos, quando comparado à monocultura com sistemas de rotação (Tabela 12). Isso indica que parte significativa da redução do rendimento de grãos na monocultura deve-se à redução da produtividade por planta.

Na comparação entre os sistemas estudados (tabelas 9 a 12) ao longo dos anos, ficou demonstrada a eficiência da rotação e de sucessões de culturas, em comparação à monocultura de trigo, em Passo Fundo, RS e região.

Rendimento de grãos de milho e de sorgo

Na média conjunta dos anos 1987/88 a 1989/90 (Tabela 13), observaram-se diferenças significativas para rendimento de grãos de milho, associadas às culturas que o antecederam. O milho estabelecido nos sistemas compostos por trigo/soja, aveia

branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho (sistema IV - 7.547 kg ha⁻¹) e por trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho (sistema VI - 7.739 kg ha⁻¹) apresentou rendimento de grãos mais

elevado do que nos sistemas compostos por trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho (sistema III - 6.923 kg ha⁻¹) e por trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho (sistema V - 6.890 kg ha⁻¹).

Tabela 13. Rendimento de grãos de milho cultivado em diferentes sistemas de rotação culturas, de 1987/88 a 1989/90

Sistema de rotação	Ano			Média
	1987	1988	1989	
Milho após ervilhaca:	----- kg ha ⁻¹ -----			
Sistema III	4.262	7.824	8.684	6.923 b
Sistema IV	4.709	8.767	9.164	7.547 a
Sistema V	4.629	7.620	8.422	6.890 b
Sistema VI	5.026	8.900	9.292	7.739 a
Média	4.657 C	8.278 B	8.891 A	7.274
C.V. (%)	19	10	8	-
F. tratamentos	0,4ns	1,8ns	1,1ns	8,9*

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo.

*: nível de significância de 5 %.

Deve ser levado em consideração que o rendimento de grãos de milho na lavoura, no Rio Grande do Sul, de 1987/88 a 1989/90, foi de 1.567 a 2.404 kg ha⁻¹ (Fepagro, 1997). Portanto, podem-se recomendar perfeitamente os sistemas IV e VI, como opções de rotação de culturas para os agricultores.

A razão da diferença entre os sistemas estudados foi crescendo durante os anos, ou seja, de 1987/88 a 1989/90, e esse rendimento tendeu a ser mais elevado nos sistemas IV e VI. O acúmulo desse rendimento de grãos a maior fez com que essas diferenças se manifestassem na média conjunta dos anos.

O consumo de água para o milho completar o ciclo é de aproximadamente 571 mm (Matzenauer, 1922). Contudo, na área de

Passo Fundo, RS, a precipitação pluvial normal (1.000 mm) (Tabela 7) tem-se situado acima desse valor (Brasil, 1992). Pelo observado, no decorrer dos anos de condução deste trabalho a precipitação pluvial foi mal distribuída em fevereiro de 1987/88 (27 mm) e de 1990/91 (30 mm). Isso repercutiu na média de todos os tratamentos em 1987/88. Em 1990/91, o milho não foi colhido devido a forte estiagem.

Como em todos os sistemas estudados a cultura de milho foi antecedida por ervilhaca, pelo menos parte dessa diferença pode estar relacionada com a segunda espécie que antecedeu milho, que, nesse caso, foi aveia preta (sistemas III e V). Nesse período, foram usadas, na seqüência, duas culturas de cobertura de solo, no inverno (ervilhaca e aveia preta), antecedendo milho (Tabela 1). Deve ser levado em consideração que não

foi aplicada adubação de manutenção nas culturas de cobertura. A aveia branca, que compôs os sistemas IV e VI, recebeu, além da adubação de manutenção, adubação nitrogenada em cobertura.

Por outro lado, como milho foi antecedido por uma leguminosa, optou-se por não colocar adubação nitrogenada de cobertura. No caso dos sistemas que continham aveia preta dois invernos antes, esta pode ter consumido parte do nitrogênio disponível no sistema, acarretando com isso diferenças entre rendimento de grãos de milho. Provavelmente, parte desse nitrogênio foi usado pelos microorganismos na decomposição dos restos culturais da aveia preta, como fonte de energia e também para a biossíntese (Aita et al., 1994).

De 1991/92 a 1992/93, não houve diferenças significativas entre as médias anuais e conjunta para rendimento de grãos de milho (Tabela 14). Milho foi semeado em cinco sistemas de rotação de culturas, isto é, trigo/soja e ervilhaca/milho (sistema II - 7.807 kg ha⁻¹); trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (sistema III - 7.502 kg ha⁻¹); trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (sistema IV - 8.103 kg ha⁻¹); trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (sistema V - 8.033 kg ha⁻¹); e trigo/soja, trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho (sistema VI - 7.970 kg ha⁻¹). Nesse período de estudo, a precipitação pluvial em 1991/92 e 1992/93 foi uniformemente distribuída (Tabela 7), daí não haver destaque para nenhum dos sistemas estudados.

Tabela 14. Rendimento de grãos de milho cultivado em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 1991/92 a 1992/93

Sistema de rotação	Ano		Média
	1991	1992	
Milho após ervilhaca:	kg ha ⁻¹		
Sistema II	7.471	8.143	7.807
Sistema III	7.351	7.654	7.502
Sistema IV	7.946	8.259	8.103
Sistema V	7.260	8.806	8.033
Sistema VI	7.931	8.009	7.970
Média	7.592	8.174	7.883
C.V. (%)	12	17	-
F. tratamentos	0,4ns	0,3ns	0,4ns

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol, aveia branca/soja e ervilhaca/milho.

ns: não significativo.

De 1994/95 a 1995/96, não houve diferenças significativas entre médias para rendimento de grãos de sorgo (Tabela 15). Sorgo foi estabelecido em cinco sistemas de rotação de culturas, ou seja, trigo/soja e ervilhaca/sorgo (sistema II - 6.924 kg ha⁻¹); trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (sistema III - 6.152 kg ha⁻¹); trigo/soja, aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (sistema IV - 7.353 kg ha⁻¹);

trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (sistema V - 6.602 kg ha⁻¹); e trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo (sistema VI - 6.924 kg ha⁻¹).

Nos dois anos de estudo e na média conjunta dos anos, o rendimento de grãos de sorgo em todos sistemas foi relativamente próximo. No ano de 1994/95, quando a

precipitação pluvial foi adequadamente distribuída, o rendimento de grãos de sorgo foi razoável, enquanto o baixo rendimento de grãos de 1995/96 pode ser explicado, em parte, pela estiagem do mês de dezembro (32 mm) (Tabela 7). Na situação acima, os

sistemas IV e VI continham a aveia preta como cultura de cobertura de solo. Porém, nesse caso, aveia preta foi a terceira espécie que antecedeu sorgo (Tabela 1). Pelo visto, isso não foi tão importante como no primeiro período de estudo.

Tabela 15. Rendimento de grãos de sorgo cultivado em diferentes sistemas de rotação de culturas, de 1994/95 a 1995/96

Sistema de rotação	Ano		Média
	1994	1995	
Sorgo após ervilhaca:	----- kg ha ⁻¹ -----		
Sistema II	9.092	4.756	6.924
Sistema III	7.893	4.411	6.152
Sistema IV	9.421	5.285	7.353
Sistema V	8.485	4.720	6.602
Sistema VI	8.308	5.540	6.924
Média	8.640 A	4.942 B	6.791
C.V. (%)	10	18	-
F. tratamentos	1,5ns	0,8ns	0,7ns

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo.

Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo.

Em termos de lavoura, de 1991/92 a 1992/93, milho produziu no RS 2.763 e 2.644 kg ha⁻¹, respectivamente (Fepagro, 1997). Com base nos resultados obtidos em experimento, qualquer um dos sistemas de rotação de culturas estudados pode ser recomendado para a cultura de milho. Apesar de não se ter dados de lavoura para a cultura de sorgo, os sistemas de rotação de culturas estudados podem perfeitamente ser recomendados para essa espécie.

De 1987/88 a 1989/90, a cultura de milho apresentou valor mais elevado no último ano (média dos tratamentos: 8.891 kg ha⁻¹). Esse valor foi o mais elevado nos dois períodos estudados com milho (tabelas 13 e 14). No período de 1991/92 a 1992/93, não houve diferenças significativas entre os anos estudados (Tabela 14). Em 1994/95, sorgo apresentou, em média, maior rendimento de grãos (média dos tratamentos: 8.640 kg ha⁻¹) do que em 1995/96 (média dos tratamentos:

4.942 kg ha⁻¹) (Tabela 15). O sorgo foi semeado tardiamente, por causa do período seco que ocorreu em outubro e novembro de 1995.

Rendimento de grãos e estatura de plantas de soja

Não foram detectadas diferenças significativas em decorrência das culturas antecedentes entre as médias conjuntas para os componentes de rendimento (número de legumes, número de grãos e peso de grãos por planta), para a população final de plantas, para o peso de 1.000 grãos e para a altura de inserção dos primeiros legumes de soja. Isso também foi verdadeiro para estatura de plantas, de 1990 a 1992 e de 1993 a 1995. Os componentes de rendimento não têm sido influenciados pela resteva das espécies de inverno aqui avaliadas (Santos et al., 1991) ou, quando isso se manifesta, não têm alterado o rendimento de grãos (Santos &

Reis, 1990). Parte disso ocorre porque soja tende a compensar possíveis falhas de estabelecimento da cultura que possam manifestar-se de um ano para outro, ramificando mais ou aproveitando melhor seu florescimento, que se dá em camadas.

Para rendimento de grãos (1987 a 1989 e na média conjunta dos anos) (Tabela 16) e para estatura de plantas (em 1988 e na média conjunta dos anos) (Tabela 17), observou-se que houve diferenças significativas em rendimento de grãos e em estatura de plantas, em virtude do tipo de cultura que antecedeu soja (aveia branca, aveia preta, linho e trigo).

Na média conjunta dos anos (1987 a 1989), soja cultivada após trigo, nos sistemas VI, III, V, IV e II, e após aveia preta, no sistema V, apresentou rendimento de grãos mais elevado (Tabela 16). Contudo, estes quatro últimos sistemas não foram estatisticamente diferentes de soja cultivada após trigo, no sistema I, e após aveia branca, nos sistemas IV e VI. O menor rendimento de grãos e a menor estatura de plantas de soja (Tabela 17) ocorreram na soja cultivada após linho, nos sistemas IV e VI.

Nos casos de soja após linho, os menores valores para rendimento de grãos e para estatura de plantas estão relacionados diretamente às reações alelopáticas do linho. Linho (1,2 t ha⁻¹ de palha) não proporcionou considerável cobertura de solo, em relação à aveia branca (7,4 t ha⁻¹ de palha), à aveia preta (8,2 t ha⁻¹ de palha) ou ao trigo (3,0 t ha⁻¹ de palha). Soja, na maioria dos anos em que foi antecederada por linho, nos sistemas IV e VI, levou mais tempo para germinar. A quantidade relativamente menor de palha de linho não foi adequada para estabelecimento de soja. Além disso, soja após linho, em 1988, foi semeada por último (9/12/88), em relação à soja após aveia preta e trigo (10/11/88) e após aveia branca (16/11/88). Isso pode ter concorrido para diminuição da estatura de plantas.

Em 1990, 1991 e 1992, ocorreram diferenças significativas no rendimento de grãos, em função da cultura antecessora (aveia branca e trigo) (Tabela 18). Todavia, essa significância não se expressou para a média dos anos, porque o maior rendimento de grãos de soja variou entre tratamentos, de um ano para outro.

Nos anos de 1993 e de 1995, manifestaram-se diferenças significativas em rendimento de grãos de soja, em decorrência do tipo de cultura antecessora (aveia branca, aveia preta e trigo) (Tabela 19). Entretanto, o mesmo fato não ocorreu para a média dos anos, em virtude de o maior rendimento de grãos de soja ter variado entre tratamentos, de um ano para outro.

Em 1994, a cultura de soja produziu, em média, 4.024 kg ha⁻¹ (Tabela 19). Esse valor foi o mais elevado em todo o período experimental.

A ocorrência de doenças de soja, que têm se acentuado nos últimos anos, como a podridão parda da haste-pph, causada por *Phialophora gregata*, e o cancro da haste-ch, causado por *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (Costamilan & Lhamby, 1994; Reunião..., 1997b), fez com que a cultivar BR-4, usada de 1987 a 1992, que era suscetível à pph, fosse substituída por BR-16, resistente a essas moléstias. Deve ser levado em conta que, nos sistemas I, III, IV, V e VI, havia dupla, tripla e quádrupla monocultura de soja. Contudo, nesses nove anos, pela observação de campo, ocorreu incidência relativamente baixa de doenças da parte aérea, sem causar impacto no rendimento de grãos dessa leguminosa.

Por outro lado, segundo observações realizadas, na média do período de 1987 a 1989, soja cultivada após milho, nos sistemas III, IV, V e VI, tendeu a produzir mais do que soja cultivada após dois, três e quatro verões consecutivos.

Conversão energética

As médias de conversão energética, anuais e no conjunto dos anos, nos períodos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995, e as comparações estatísticas, através de contrastes, dos sistemas de rotação de culturas podem ser observadas nas tabelas 20 e 21.

Levando-se em conta a conversão energética anual, observa-se que só não houve

diferenças significativas entre os sistemas em 1987 (Tabela 20). No período de 1987 a 1989, o sistema III apresentou maior índice de conversão energética que os sistemas I, II e V, em dois dos três anos estudados (1988 e 1989) (Tabela 20). O sistema III foi também superior ao sistema VI em um ano (1989) e não diferiu deste em dois anos (1987 e 1988). Comparados aos sistemas I e II, os sistemas IV, V e VI não diferiram em 1987 e foram superiores em 1988 e 1989.

Tabela 16. Efeitos de culturas antecessoras no rendimento de grãos de soja, cultivar BR-4, de 1987 a 1989

Cultura antecessora	Ano			Média
	1987	1988	1989	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Sistema I				
Soja após trigo ¹	1.595 b	3.339 c	1.886	2.273 bcd
Sistema II				
Soja após trigo ²	2.192 a	3.643 bc	1.862	2.566 abc
Sistema III				
Soja após: trigo ³	1.695 b	3.997 ab	2.760	2.817 a
aveia preta	1.327 b	3.263 c	1.863	2.151 cd
Sistema IV				
Soja após: trigo ⁴	1.647 b	3.937 ab	2.183	2.589 abc
aveia branca	1.334 b	3.442 bc	2.029	2.268 bcd
linho	1.420 b	2.570 d	1.908	1.966 d
Sistema V				
Soja após: trigo ⁵	1.736 ab	3.986 ab	2.237	2.653 ab
trigo ⁶	1.433 b	3.202 c	1.730	2.122 cd
aveia preta	1.614 b	3.443 bc	2.089	2.382 abcd
Sistema VI				
Soja após: trigo ⁷	1.757 ab	4.301 a	2.471	2.843 a
trigo ⁸	1.722 b	3.108 cd	2.400	2.410 abcd
aveia branca	1.338 b	3.604 bc	1.895	2.279 bcd
linho	1.483 b	2.553 d	1.786	1.940 d
Média	1.592	3.456	2.078	2.375
C.V. (%)	17	10	19	-
F. tratamentos	2,2*	6,5**	1,6ns	3,1**

¹ Monocultura de trigo - Sistema I.

² Monocultura de trigo - Sistema II.

³ Trigo após aveia preta e ervilhaca - Sistema III.

⁴ Trigo após aveia branca, linho e ervilhaca - Sistema IV.

⁵ Trigo após aveia preta, ervilhaca e trigo - Sistema V.

⁶ Trigo após trigo, aveia preta e ervilhaca - Sistema V.

⁷ Trigo após aveia branca, linho, ervilhaca e trigo - Sistema VI.

⁸ Trigo após trigo, aveia branca, linho e ervilhaca - Sistema VI.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo; *: nível de significância de 5 %; **: nível de significância de 1 %.

Tabela 17. Efeitos de culturas antecessoras na estatura de plantas de soja, cultivar BR-4, de 1987 a 1989

Cultura antecessora	Ano			Média
	1987	1988	1989	
	----- cm planta ⁻¹ -----			
Sistema I				
Soja após trigo ¹	97	98 cde	83	93 bc
Sistema II				
Soja após trigo ²	101	101 bcde	91	98 ab
Sistema III				
Soja após: trigo ³	96	104 abcde	92	97 ab
aveia preta	102	108 abc	89	100 ab
Sistema IV				
Soja após: trigo ⁴	102	109 ab	93	101 a
aveia branca	96	104 abcde	89	96 ab
linho	94	86 g	80	87 c
Sistema V				
Soja após: trigo ⁵	97	107 abcd	83	96 ab
trigo ⁶	98	97 ef	85	93 abc
aveia preta	102	111 a	85	99 ab
Sistema VI				
Soja após: trigo ⁷	97	107 abcd	94	99 ab
trigo ⁸	100	98 de	93	97 ab
aveia branca	98	108 abc	77	94 ab
linho	98	88 fg	73	86 c
Média	98	102	86	96
C.V. (%)	6	6	9	-
F. tratamentos	0,6ns	4,9**	2,1ns	2,7*

¹ Monocultura de trigo - Sistema I.

² Monocultura de trigo - Sistema II.

³ Trigo após aveia preta e ervilhaca - Sistema III.

⁴ Trigo após aveia branca, linho e ervilhaca - Sistema IV.

⁵ Trigo após aveia preta, ervilhaca e trigo - Sistema V.

⁶ Trigo após trigo, aveia preta e ervilhaca - Sistema V.

⁷ Trigo após aveia branca, linho, ervilhaca e trigo - Sistema VI.

⁸ Trigo após trigo, aveia branca, linho e ervilhaca - Sistema VI.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo; *: nível de significância de 5 %; **: nível de significância de 1 %.

No período de 1990 a 1995, os sistemas II, III, IV, V, VI e VII foram superiores, na maioria dos anos, para o índice de conversão energética, em relação ao sistema I (Tabela 21). O sistema II foi superior aos sistemas III, IV, V e VI em três anos (1991, 1992 e 1994), inferior em dois anos (1990 e 1993) e não diferiu em um ano (1995). O sistema II foi superior ao sistema VII em três anos

(1992, 1994 e 1995) e inferior em três anos (1990, 1991 e 1993). Comparado ao sistema IV, o sistema III não diferiu em quatro dos seis anos (1991, 1992, 1994 e 1995) e foi inferior em dois anos (1990 e 1993). O sistema III não diferiu do sistema V em cinco anos (1991 a 1995) e foi inferior a este em 1990. Comparado ao sistema VI, o sistema III não diferiu em três anos (1991, 1992 e 1995),

foi superior em 1994 e inferior em dois anos (1990 e 1993). Comparado ao sistema VII, o sistema III não diferiu em dois dos seis anos (1990 e 1995), foi superior em dois anos (1992 e 1994) e inferior em dois anos (1991 e 1993). O sistema IV não diferiu em três anos (1991, 1992 e 1995) e foi superior em três anos (1990, 1993 e 1994), em relação ao sistema V. Comparado ao sistema VI, o sistema IV não diferiu em cinco anos (1990, 1991, 1992, 1993 e 1995) e foi superior em 1994. O sistema IV não diferiu em dois anos (1992 e 1993), foi inferior em 1991 e superior em três anos (1990, 1994 e 1995), em comparação ao sistema VII. Comparado ao sistema VI, o sistema V não diferiu em três anos (1992, 1994 e 1995) e foi inferior em três anos (1990, 1991 e 1993). O sistema V não diferiu em três anos (1990, 1994 e 1995), foi inferior em dois anos (1991 e 1993) e superior em 1992, em relação ao sistema VII.

Nas avaliações anuais dos dois períodos de estudo (de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995), os sistemas com rotação de culturas foram mais eficientes na conversão de energia, na maioria dos anos, que a monocultura (tabelas 20 e 21). Os resultados indicam que o baixo desempenho energético das culturas de cobertura de solo, no inverno, foi compensado pelo maior desempenho da cultura de milho, no verão.

De 1987 a 1989, os sistemas I (4,99), II (5,38), III (7,46), IV (7,45), V (6,77) e VI (7,12) não diferiram entre si para conversão energética média (Tabela 20). Deve ser levado em consideração que, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os índices médios de conversão energética avaliados, os sistemas III, IV, V e VI, por incorporarem a prática de rotação de culturas em suas composições, devem ser preferidos em substituição aos sistemas I e II (monocultura trigo/soja). Conforme pode ser observado, nesse período havia dois sistemas em monocultura. À medida que as doenças de trigo se agravaram no sistema II, a partir de 1990, este foi substituído pela

rotação trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

As médias comparadas duas a duas, de 1990 a 1995, mostram que somente o sistema II (8,58) foi superior ao sistema I (5,61), para o índice de conversão energética (Tabela 21). Para as demais comparações entre sistemas, não houve diferenças significativas em relação à conversão energética. Nesse período, o sistema II era formado por trigo/soja e ervilhaca/milho. O sistema VII foi estabelecido, em 1990, como pousio de inverno e soja, no verão. O sistema (II) com um inverno de rotação constituiu-se em alternativa para substituir o sistema I (monocultura trigo/soja).

Pelo observado, nos dois períodos todos os sistemas estudados foram positivos, por apresentarem índices de conversão energética superiores à unidade (1,0) (Quesada & Beber, 1990). Do ponto de vista energético, todos os sistemas estudados podem ser considerados sustentáveis.

Balanco energético

As médias de balanço energético, anuais e no conjunto dos anos, nos períodos de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995, e as comparações estatísticas, através de contrastes, dos sistemas de rotação de culturas podem ser observadas nas tabelas 22 e 23.

Considerando o balanço energético anual, verifica-se que houve diferenças significativas entre os sistemas estudados em todos os anos (tabelas 22 e 23). No período de 1987 a 1989, os sistemas III e IV foram superiores ao sistema I nos dois anos (1988 e 1989) e inferiores em 1987 (Tabela 22). Comparado ao sistema V, o sistema I não diferiu em 1988, foi superior em 1987 e inferior em 1989. O sistema I não diferiu em 1987 e foi inferior em dois anos (1988 e 1989), em comparação ao sistema VI. Comparado aos sistemas III e V, o sistema II não diferiu em 1988, foi superior em 1987 e

inferior em 1989. O sistema II foi inferior aos sistemas IV e VI em dois anos (1988 e 1989) e superior em 1987. O sistema III foi inferior ao sistema IV em 1988 e não diferiu em 1987 e em 1989. Quanto ao sistema V, o sistema III foi superior em 1989 e não diferiu deste nos outros dois anos. O sistema III foi inferior em dois anos (1987 e 1988) e

não diferiu em 1989, em relação ao sistema VI. O sistema IV foi superior ao sistema V em dois anos (1988 e 1989) e não diferiu deste em 1987. Nos três anos de estudo, o sistema IV não diferiu do sistema VI. Comparado ao sistema V, o sistema VI não diferiu em 1987 e superou-o em dois anos (1988 e 1989).

Tabela 18. Efeitos de culturas antecessoras no rendimento de grãos de soja, cultivar BR-4, de 1990 a 1992

Cultura antecessora	Ano			Média
	1990	1991	1992	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
Sistema I				
Soja após trigo ¹	1.118 ef	2.659 b	2.687 d	2.155
Sistema II				
Soja após trigo ²	1.833 a	2.705 b	4.305 abc	2.948
Sistema III				
Soja após: trigo ³	1.440 bc	2.942 b	4.127 bc	2.836
aveia branca	918 g	2.844 b	2.875 d	2.212
Sistema IV				
Soja após: trigo ⁴	1.389 cd	2.759 b	4.242 abc	2.797
aveia branca	1.036 fg	2.856 b	4.598 ab	2.830
Sistema V				
Soja após: trigo ⁵	1.473 bc	2.945 b	3.859 c	2.759
trigo ⁶	913 g	3.240 ab	2.951 d	2.368
aveia branca	1.117 ef	2.038 c	3.039 d	2.065
Sistema VI				
Soja após: trigo ⁷	1.244 de	2.944 b	4.110 bc	2.766
trigo ⁸	905 g	3.017 b	2.822 d	2.247
aveia branca	1.034 fg	3.076 b	4.712 a	2.941
Sistema VII				
Soja após pousio	1.570 b	3.735 a	3.192 d	2.832
Média	1.230	2.904	3.655	2.596
C.V. (%)	8	12	9	-
F. tratamentos	24**	3,5**	19**	1,1ns

¹ Monocultura de trigo - Sistema I.

² Trigo após ervilhaca - Sistema II.

³ Trigo após aveia branca e ervilhaca - Sistema III.

⁴ Trigo após girassol, aveia branca e ervilhaca - Sistema IV.

⁵ Trigo após aveia branca, ervilhaca e trigo - Sistema V.

⁶ Trigo após trigo, aveia branca e ervilhaca - Sistema V.

⁷ Trigo após girassol, aveia branca, ervilhaca e trigo - Sistema VI.

⁸ Trigo após trigo, girassol, aveia branca e ervilhaca - Sistema VI.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo; **: nível de significância de 1 %.

Tabela 19. Efeitos de culturas antecessoras no rendimento de grãos de soja, cultivar BR-16, de 1993 a 1995

Cultura antecessora	Ano			Média
	1993	1994	1995	
----- kg ha ⁻¹ -----				
Sistema I				
Soja após trigo ¹	1.821 c	3.902	3.228 abcde	2.984
Sistema II				
Soja após trigo ²	2.928 b	4.227	3.475 abc	3.543
Sistema III				
Soja após: trigo ³	2.831 b	3.876	3.434 abcd	3.380
aveia branca	2.208 c	3.944	3.080 cde	3.077
Sistema IV				
Soja após: trigo ⁴	3.083 b	4.258	3.573 ab	3.638
aveia preta	2.106 c	4.243	3.166 bcde	3.172
aveia branca	3.627 a	3.810	3.307 abcd	3.581
Sistema V				
Soja após: trigo ⁵	2.765 b	4.141	3.618 a	3.508
trigo ⁶	1.981 c	4.038	3.461 abcd	3.160
aveia branca	1.890 c	3.785	3.350 abcd	3.008
Sistema VI				
Soja após: trigo ⁷	3.061 b	4.441	3.565 ab	3.689
trigo ⁸	2.010 b	3.712	3.572 ab	3.098
aveia preta	2.057 c	3.910	3.042 de	3.003
aveia branca	3.117 b	4.070	3.384 abcd	3.524
Sistema VII				
Soja após pousio	2.142 c	4.003	2.826 e	2.900
Média	2.508	4.024	3.338	3.290
C.V. (%)	11	7	8	-
F. tratamentos	13**	1,8ns	2,4**	2,1ns

¹ Monocultura de trigo - Sistema I.

² Trigo após ervilhaca - Sistema II.

³ Trigo após aveia branca e ervilhaca - Sistema III.

⁴ Trigo após aveia preta, aveia branca e ervilhaca - Sistema IV.

⁵ Trigo após aveia branca, ervilhaca e trigo - Sistema V.

⁶ Trigo após trigo, aveia branca e ervilhaca - Sistema V.

⁷ Trigo após aveia preta, aveia branca, ervilhaca e trigo - Sistema VI.

⁸ Trigo após trigo, aveia preta, aveia branca e ervilhaca - Sistema VI.

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

ns: não significativo; **: nível de significância de 1 %.

No período de 1990 a 1995, os sistemas II, III, IV, V e VI foram superiores em três anos, inferiores em um ano (1990) e não diferiram em dois anos, para os índices de balanço energético, em comparação ao sistema I (Tabela 23). O sistema I, quando comparado

ao sistema VII, não diferiu em dois anos (1991 e 1993) e foi superior em quatro anos (1990, 1992, 1994 e 1995). Comparado aos sistemas III, IV e VI, o sistema II foi superior em três anos (1991, 1992 e 1994), não diferiu em um ou dois anos e foi inferior em

um ou dois anos. O sistema II não diferiu em dois anos (1992 e 1995) do sistema V, superou-o em dois anos (1991 e 1994) e apresentou-se inferior a ele em dois anos (1990 e 1993). Com relação, ao sistema VII, o sistema II não diferiu em 1993 e foi superior nos demais anos. Comparado aos sistemas IV, V e VI, o sistema III não diferiu em cinco anos e foi inferior ou superior em um ano. O sistema III foi superior ao sistema VII em todos os anos estudados. Comparado ao sistema V, o sistema IV foi inferior em dois anos (1990 e 1992) e não diferiu em quatro anos (1991, 1993, 1994 e 1995). Em todo o período, o sistema IV não diferiu do sistema VI e foi superior, nos seis anos, ao sistema VII. Comparado ao sistema VI, o sistema V

não diferiu em três anos (1991, 1993 e 1995) e foi superior em três anos (1990, 1992 e 1994). Os sistemas V e VI foram superiores ao sistema VII, nos seis anos estudados.

Para o balanço energético anual, na maioria dos anos, repetiu-se o desempenho da conversão energética dos sistemas com rotação de culturas, em relação à monocultura (tabelas 22 e 23).

Na análise conjunta do balanço energético, nos dois períodos (1987 a 1989 e 1990 a 1995), encontraram-se resultados semelhantes aos da conversão energética. Houve somente significância para o efeito tratamento, no segundo período.

Tabela 20. Conversão energética e contraste pelo teste F de seis sistemas de rotação de culturas no ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1987 a 1989

Ano	Sistema de rotação					
	I	II	III	IV	V	VI
1987	5,17	5,71	5,07	5,30	5,18	5,32
1988	5,06	5,55	8,14	8,22	7,31	7,78
1989	4,74	4,87	9,19	8,83	7,81	8,25
Média	4,99	5,38	7,46	7,45	6,77	7,12

	Contraste entre sistema (P>F)														
	I	I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	IV	IV	V
	II	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	IV	V	VI	V	VI	VI
1987	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1988	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	ns	**	ns	ns
1989	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns	ns
Média	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia/branca, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

ns: não significativo.

*: nível de significância de 5 %.

** : nível de significância de 1 %.

Tabela 21. Conversão energética e contraste pelo teste F de sete sistemas de rotação de culturas no ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1990 a 1995

Sistema de rotação	Ano						Média
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
I	4,11	6,41	5,93	2,84	7,60	6,74	5,61
II	3,08	9,45	11,43	3,28	15,16	9,05	8,58
III	3,36	7,68	10,08	4,22	12,15	8,28	7,63
IV	4,05	7,75	9,94	4,87	12,52	8,68	7,97
V	3,64	7,22	10,02	4,06	11,56	8,51	7,50
VI	3,90	7,96	9,50	4,64	11,23	8,59	7,64
VII	3,71	13,69	8,50	5,18	10,27	7,46	8,13

----- Contraste entre sistema (P>F) -----							
I x II	**	**	**	ns	**	**	*
I x III	**	*	**	**	**	*	ns
I x IV	ns	**	**	**	**	**	ns
I x V	**	ns	**	**	**	**	ns
I x VI	ns	**	**	**	**	ns	ns
I x VII	ns	**	*	**	**	**	ns
II x III	*	**	*	**	**	ns	ns
II x IV	**	**	*	**	**	ns	ns
II x V	**	**	*	**	**	ns	ns
II x VI	**	**	**	**	**	ns	ns
II x VII	**	**	**	**	**	*	ns
III x IV	**	ns	ns	**	ns	ns	ns
III x V	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III x VI	**	ns	ns	*	*	ns	ns
III x VII	ns	**	*	**	**	ns	ns
IV x V	**	ns	ns	**	*	ns	ns
IV x VI	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
IV x VII	*	**	ns	ns	**	*	ns
V x VI	*	*	ns	**	ns	ns	ns
V x VII	ns	**	*	**	ns	ns	ns
VI x VII	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

ns: não significativo; * : nível de significância de 5 %; ** : nível de significância de 1 %.

De 1987 a 1989, o sistema I (16.044 Mcal ha⁻¹) não diferiu significativamente dos sistemas II (17.602 Mcal ha⁻¹), III (17.786 Mcal ha⁻¹), IV (19.372 Mcal ha⁻¹), V (16.993 Mcal ha⁻¹) e VI (19.250 Mcal ha⁻¹), para balanço energético (Tabela 22). Pelos resultados anuais, os sistemas com rotação

de culturas apresentaram-se como alternativas para substituir a monocultura trigo/soja, pois no segundo ano, e mais acentuadamente no terceiro ano, superaram a monocultura.

De 1990 a 1995, os sistemas II (20.938

Mcal ha⁻¹), III (19.239 Mcal ha⁻¹), IV (18.618 Mcal ha⁻¹), V (19.646 Mcal ha⁻¹) e VI (18.702 Mcal ha⁻¹) foram superiores ao sistema VII (10.279 Mcal ha⁻¹), para balanço energético (Tabela 23). Por outro lado, o sistema I (15.998 Mcal ha⁻¹) não diferiu significativamente dos sistemas II, III, IV, V,

VI e VII. O sistema VII, adicionado em 1990, com pousio de inverno e soja, no verão, foi menos eficiente energeticamente do que os demais sistemas estudados. Isso era de se esperar, porque contempla somente uma cultura no verão.

Tabela 22. Balanço energético e contraste pelo teste F de seis sistemas de rotação de culturas no ano (inverno + verão) e na média dos anos

Ano	Sistema de rotação														
	I	II	III	IV	V	VI									
	Mcal ha ⁻¹														
1987	16.286	18.410	12.338	13.664	13.307	14.275									
1988	17.145	19.177	20.836	23.176	19.748	22.647									
1989	14.701	15.218	20.183	21.276	17.923	20.828									
Média	16.044	17.602	17.786	19.372	16.993	19.250									
	Contraste entre sistema (P > F)														
	I	I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	IV	IV	V
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	II	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	IV	V	VI	V	VI	VI
1987	ns	**	*	*	ns	**	**	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns
1988	ns	*	**	ns	**	ns	**	ns	*	*	ns	*	**	ns	**
1989	ns	**	**	*	**	**	**	*	**	ns	*	ns	**	ns	**
Média	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia/branca, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

ns: não significativo; *: nível de significância de 5 %; **: nível de significância de 1 %.

Deve ser levado em conta que as tecnologias agrícolas usadas nos sistemas estudados foram eficientes em termos de conversão energética e de balanço energético. Dessa forma, a rotação de culturas foi mais eficiente, sem aumentar o consumo de energia não renovável (exemplo: combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas).

Análise econômica

As médias da receita líquida, anuais e no conjunto dos anos, no período de 1987 a

1989 e de 1990 a 1995, e as comparações estatísticas através de contrastes dos sistemas de rotação de culturas podem ser observadas nas tabelas 24 e 25.

As médias da receita líquida dos sistemas por hectare comparadas duas a duas, relativas ao período de 1987 a 1989, mostraram que os sistemas IV (R\$ 491,51) e VI (R\$ 480,71) foram equivalentes entre si e superiores aos sistemas III (R\$ 318,05) e V (R\$ 299,00) (Tabela 24). Para as demais comparações, as diferenças entre as receitas líquidas não foram significativas.

Tabela 23. Balanço energético e contraste pelo teste F de sete sistemas de rotação de culturas no ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1990 a 1995

Sistema de rotação	Ano						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Média
	----- Mcal ha ⁻¹ -----						
I	12.922	18.086	18.399	7.011	21.537	18.030	15.998
II	8.914	24.783	31.613	8.526	31.352	20.439	20.938
III	9.840	19.764	28.405	11.257	27.071	19.099	19.239
IV	10.048	17.828	26.271	12.325	26.190	19.047	18.618
V	11.147	18.963	29.030	11.061	27.114	20.555	19.646
VI	10.080	19.282	26.094	11.864	25.159	19.735	18.702
VII	4.588	14.671	11.264	6.912	14.452	9.788	10.279
	----- Contraste entre sistema (P>F) -----						
I x II	**	**	**	ns	**	ns	ns
I x III	**	ns	**	**	**	ns	ns
I x IV	**	ns	**	**	**	ns	ns
I x V	**	ns	**	**	**	ns	ns
I x VI	**	ns	**	**	**	ns	ns
I x VII	**	ns	**	ns	**	**	ns
II x III	ns	**	*	**	**	ns	ns
II x IV	*	**	**	**	**	ns	ns
II x V	**	**	ns	**	**	ns	ns
II x VI	*	**	**	**	**	ns	ns
II x VII	**	**	**	ns	**	**	**
III x IV	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
III x V	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III x VI	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
III x VII	**	**	**	**	**	**	**
IV x V	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
IV x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV x VII	**	*	**	**	**	**	**
V x VI	**	ns	*	ns	*	ns	ns
V x VII	**	**	**	**	**	**	**
VI x VII	**	**	**	**	**	**	**

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

ns: não significativo; * : nível de significância de 5 %; ** : nível de significância de 1 %.

Parte da explicação dessa diferença entre os sistemas pode estar relacionada ao rendimento de grãos de milho, que, nos sistemas III e V, foi menor do que nos sistemas IV e VI (Tabela 13). Isso, por sua vez, repercutiu na receita bruta e, conseqüentemente, na receita líquida dos sistemas.

A razão de milho haver produzido menor rendimento de grãos nos sistemas III e V pode estar vinculada à segunda espécie de inverno que antecedeu essa gramínea, que, nesse caso, foi a aveia preta. Nesse período, foram usadas, na seqüência, duas culturas de cobertura de solo, no inverno (aveia preta e ervilhaca) (Tabela 1). Deve ser levado em

consideração que, nesses quatro sistemas, as culturas de soja e de ervilhaca precederam a de milho.

No caso de milho após ervilhaca, não foi usada adubação de cobertura. Isso contribuiu para reduzir os custos dos sistemas nos quais

se empregou a ervilhaca como cultura de adubação verde. No caso dos sistemas que continham a aveia preta, esta pode ter imobilizado o nitrogênio disponível no sistema, acarretando com isso diferenças em rendimento de grãos de milho.

Tabela 24. Análise da receita líquida média de seis sistemas de rotação de culturas, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1987 a 1989

Ano	Sistema de rotação														
	I	II	III	IV	V	VI									
	R\$ ha ⁻¹														
1987	316,05	423,64	126,25	249,66	166,25	263,40									
1988	352,22	446,04	423,90	651,41	401,10	623,92									
1989	258,34	279,50	403,99	573,47	329,66	554,82									
Média	308,87	383,06	318,05	491,51	299,00	480,71									
	Contraste entre sistema (P > F)														
	I	I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III	IV	IV	V
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	II	III	IV	V	VI	III	IV	V	VI	IV	V	VI	V	VI	VI
1987	ns	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	ns	**	**	ns	**
1988	ns	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**
1989	ns	*	**	ns	**	ns	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**
Média	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	**	ns	**

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia/branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

ns: não significativo; *: nível de significância de 5%; **: nível de significância de 1%.

As diferenças entre as receitas líquidas médias por hectare, de 1990 a 1995, não foram significativas entre os sistemas I (R\$ 307,73), II (R\$ 388,79), III (R\$ 433,87), IV (R\$ 466,85), V (R\$ 459,00), VI (R\$ 461,97) e VII (R\$ 323,00) (Tabela 25). Colaborou para não haver efeito significativo entre os tratamentos o fato de, em dois anos, o milho não ter sido colhido, devido a forte estiagem, em 1990, e à retirada de todas as espigas quando estas encontravam-se em estágio de grãos em massa, em 1993 (Tabela 6). Além disso, a aveia branca, igualmente, não foi colhida, devido a danos por granizo, em 1991. Em 1992, quando a soja e o milho mostraram os maiores rendimentos de grãos,

ficou clara a maior rentabilidade dos sistemas de rotação de culturas (II, III, IV, V e VI) contra a monocultura trigo/soja (sistema I) e o pousio de inverno (sistema VII). Em 1994, quando a soja e o sorgo apresentaram rendimento de grãos razoável, os sistemas de rotação de culturas foram superiores à monocultura trigo/soja e ao pousio de inverno. Observa-se uma tendência de a monocultura trigo/soja apresentar menor receita líquida do que os demais sistemas.

De 1993 a 1995, os sistemas de rotação IV e VI também continham a aveia preta como cultura de cobertura de solo. Porém, nesse caso, a aveia preta foi a terceira

espécie que antecedeu o sorgo (Tabela 1). Pelo observado, isso não foi tão importante como no primeiro período de estudo.

Nos dois períodos estudados, as variações anuais de produtividade ocorridas nas culturas e, conseqüentemente, nos sistemas contribuíram para elevar o valor da soma de quadrados da interação anos x tratamentos,

efeito usado como erro (na análise conjunta) para a comparação dos sistemas através do teste F. Provavelmente deveu-se a isso a dificuldade de se captar diferenças significativas entre as médias gerais dos sistemas nos dois períodos e, daí, a necessidade de avaliar as análises das receitas líquidas anuais.

Tabela 25. Análise da receita líquida média de sete sistemas de rotação de culturas, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1990 a 1995

Sistema de Produção	Ano						Média
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
	----- Mcal ha ⁻¹ -----						
I	+ 111,51	+ 399,20	+ 458,88	- 87,93	+ 557,70	+ 407,12	+ 307,75
II	- 2,35	+ 481,30	+ 811,69	+ 8,48	+ 673,17	+ 360,50	+ 388,79
III	+ 92,83	+ 357,59	+ 848,83	+ 193,10	+ 682,58	+ 428,28	+ 433,87
IV	+ 155,53	+ 355,55	+ 838,72	+ 289,68	+ 705,80	+ 455,82	+ 466,85
V	+ 108,27	+ 355,99	+ 881,83	+ 161,97	+ 750,18	+ 495,74	+ 459,00
VI	+ 97,98	+ 434,05	+ 830,95	+ 230,98	+ 697,76	+ 480,11	+ 461,97
VII	+ 22,12	+ 487,40	+ 404,59	+ 185,94	+ 551,02	+ 286,93	+ 323,00
	----- Contraste entre sistema (P>F) -----						
I x II	**	ns	**	ns	*	ns	ns
I x III	ns	ns	**	**	*	ns	ns
I x IV	ns	ns	**	**	**	ns	ns
I x V	ns	ns	**	**	**	ns	ns
I x VI	ns	ns	**	**	**	ns	ns
I x VII	*	ns	ns	**	ns	*	ns
II x III	**	*	ns	**	ns	ns	ns
II x IV	**	**	ns	**	ns	*	ns
II x V	**	**	ns	**	*	**	ns
II x VI	**	ns	ns	**	ns	**	ns
II x VII	ns	ns	**	**	*	ns	ns
III x IV	**	ns	ns	**	ns	ns	ns
III x V	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
III x VI	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
III x VII	*	*	**	ns	**	**	ns
IV x V	*	ns	ns	**	ns	ns	ns
IV x VI	**	*	ns	*	ns	ns	ns
IV x VII	**	*	**	*	**	**	ns
V x VI	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
V x VII	*	*	**	ns	**	**	ns
VI x VII	*	ns	**	ns	**	**	ns

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

ns: não significativo; * : nível de significância de 5%; ** : nível de significância de 1%.

Na avaliação anual da receita líquida, verificou-se que houve algumas diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas, quando comparadas duas a duas (tabelas 24 e 25). No período de 1987 a 1989, o sistema I não diferiu significativamente do sistema II, nos três anos de estudos, para receita líquida (Tabela 24). Quando comparado ao sistema III, o sistema I não diferiu significativamente em 1988, foi superior em 1987 e inferior em 1989. O sistema I não diferiu significativamente em 1987 e foi inferior em dois anos (1988 e 1989), em relação aos sistemas IV e VI. Comparado ao sistema V, o sistema I foi superior em 1987 e não diferiu significativamente em dois anos (1988 e 1989). O sistema II foi superior ao sistema III e V em 1987 e não diferiu significativamente em dois anos (1988 e 1989). Comparado aos sistemas IV e VI, o sistema II foi superior em 1987 e inferior em dois anos (1988 e 1989). O sistema III foi inferior aos sistemas IV e VI, nos três anos estudados. Não houve diferença significativa entre os sistemas III e V e IV e VI. Os sistemas IV e VI foram superiores ao sistema V, nos três anos estudados.

Nesse período de estudo, os sistemas IV e VI foram superiores aos demais sistemas em dois anos (1988 e 1989) e inferiores, apenas ao II, em 1987. Em relação ao sistema I (monocultura trigo/soja), os sistemas IV e VI foram superiores em dois anos (1988 e 1989) e equivalentes em um ano (1987), sendo, portanto, alternativas possíveis de recomendação.

No período de 1990 a 1995, o sistema I foi superior em 1990 ao sistema II, inferior em dois anos (1992 e 1994) e não diferiu significativamente em três anos (1991, 1993 e 1995), para receita líquida (Tabela 25). Comparado aos sistemas III, IV, V e VI, o sistema I foi inferior em três anos (1992 a 1994) e não diferiu significativamente em três anos (1990, 1991 e 1995). O sistema I foi superior em dois anos (1990 e 1995), inferior em 1993 e não diferiu

significativamente em três anos (1991, 1992 e 1994), em relação ao sistema VII. Comparado ao sistema III, o sistema II não diferiu significativamente em três anos (1992, 1994 e 1995), foi inferior em dois anos (1990 e 1993) e superior em 1991. O sistema II foi inferior ao sistema IV em três anos (1990, 1993 e 1995), superior em 1991 e não diferiu significativamente em dois anos (1992 e 1994). Comparado ao sistema V, o sistema II não diferiu significativamente em 1992, foi superior em 1991 e inferior em quatro anos (1990, 1993 a 1995). O sistema II não diferiu significativamente do sistema VI em três anos (1991, 1992 e 1994) e foi inferior em três anos (1990, 1993 e 1995). O sistema II não diferiu significativamente do sistema VII em três anos (1990, 1991 e 1995), foi inferior em 1993 e superior em dois anos (1992 e 1994). Comparado aos sistemas IV e V, o sistema III não diferiu significativamente em quatro anos e foi inferior em dois anos. O sistema III não diferiu significativamente em cinco anos (1990, 1992 a 1995) e foi inferior em 1991, em relação ao sistema VI. Comparado ao sistema VII, os sistemas III e V foram superiores em quatro anos (1990, 1992, 1994 e 1995), inferiores em 1991 e não diferiram significativamente em 1993. O sistema IV não diferiu significativamente do sistema V em quatro anos (1991, 1992, 1994 e 1995) e superou-o em dois anos (1990 e 1993). Comparado ao sistema VI, o sistema IV não diferiu significativamente em três anos (1992, 1994 e 1995), foi superior em dois anos (1990 e 1993) e inferior em 1991. O sistema IV foi superior ao sistema VII em cinco anos (1990, 1992, 1993 a 1995) e inferior em 1991. Comparado ao sistema VI, o sistema V não diferiu significativamente em quatro anos (1990, 1992, 1994 e 1995) e foi inferior em dois anos (1991 e 1993). O sistema VI foi superior ao sistema VII em quatro anos (1990, 1992, 1994 e 1995) e não diferiu significativamente em dois anos (1991 e 1993).

Em três anos de estudo, os sistemas com rotação de culturas (III, IV, V e VI)

proporcionaram receitas líquidas superiores à da monocultura trigo/soja (sistema I), e nos outros três anos não diferiram significativamente desta (Tabela 25). Além disso, os sistemas III, IV, V e VI foram superiores ao sistema VII na maioria dos anos. Em virtude disso, os sistemas com rotação de culturas III, IV, V e VI devem ser vistos como alternativas aos sistemas I (monocultura trigo/soja) e VII (pousio de

inverno).

Análise de risco

Os dados da média variância, da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles) e da dominância estocástica (pairwise) da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas, dos dois períodos (de 1987 a 1989 e de 1990 a 1995), podem ser observados nas tabelas 26 a 31.

Tabela 26. Média da receita líquida anual, por hectare, em sistemas de rotação de culturas, no período de 1987 a 1989

Sistema de rotação	Receita líquida média	
	1987 a 1989	Desvio padrão
	----- R\$ ha ⁻¹ -----	
Sistema I	308,87 b	94,30
Sistema II	383,06 b	94,74
Sistema III	318,05 b	147,26
Sistema IV	491,51 a	186,32
Sistema V	299,00 b	115,52
Sistema VI	480,71 a	169,40

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

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

No período 1987 a 1989, os sistemas IV (R\$ 491,51) e VI (R\$ 480,71) apresentaram valores de receita líquida por hectare superiores aos dos sistemas I (R\$ 308,87), II (R\$ 383,06), III (R\$ 318,05) e V (R\$ 299,00) (Tabela 26).

No período 1990 a 1995, não houve diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as receitas líquidas por hectare dos sistemas I (R\$ 307,75), II (R\$ 388,79), III (R\$ 433,87), IV (R\$ 466,85), V (R\$ 459,00), VI (R\$ 461,97) e VII (R\$ 323,00) (Tabela 27). Nesse segundo período, através da análise da média variância, não

foi possível separar, entre os sistemas estudados, a melhor alternativa a ser oferecida aos agricultores.

O estudo da receita líquida através da média variância, por vezes, não permite a melhor tomada de decisão, servindo apenas para quantificar a rentabilidade de cada sistema. Para auxiliar na tomada de decisão, pode ser empregada a análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida. Os dados das tabelas 28 e 29 foram gerados a partir da distribuição completa de probabilidade acumulada da distribuição normal dentro de cada sistema.

Tabela 27. Média da receita líquida anual, por hectare, em sistemas de rotação de culturas, no período de 1990 a 1995

Sistema de rotação	Receita líquida média 1990 a 1995	
	R\$ ha ⁻¹	
Sistema I	307,75 ns	257,10
Sistema II	388,79	318,28
Sistema III	433,87	275,26
Sistema IV	466,85	245,75
Sistema V	459,00	294,89
Sistema VI	461,97	262,95
Sistema VII	323,00	192,03

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

ns: não significativo, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (Tabela 28) do período 1987 a 1989, o sistema II mostrou, na baixa probabilidade de risco (5 %), maior renda líquida por hectare (R\$ 235,30) do que os sistemas I (R\$ 161,78), III (R\$ 88,35), IV (R\$ 200,89), V (R\$ 118,81) e VI (R\$ 216,48). Na alta probabilidade de risco (100 %), o sistema IV obteve a maior renda líquida por hectare (R\$ 1.020,62), em relação aos sistemas I (R\$ 576,66), II (R\$ 652,08), III (R\$ 736,24), V (R\$ 627,06) e VI (R\$ 961,78). Na análise da probabilidade acumulada da receita líquida (Tabela 29) do período 1990 a 1995, o sistema IV apresentou, na baixa probabilidade (5 %), maior renda líquida/ha (R\$ 83,53), em comparação aos sistemas I (R\$ 0,00), II (R\$ 0,00), III (R\$ 6,36), V (R\$ 2,94), VI (R\$ 51,82) e VII (R\$ 23,52). Na alta probabilidade de risco (100 %), o sistema V obteve maior renda líquida/ha (R\$ 1.296,43) do que os sistemas I (R\$ 1.037,84), II (R\$ 1.292,65), III (R\$ 1.215,56), IV (R\$ 1.164,74), VI (R\$ 1.208,70) e VII (R\$

868,24). Nesse caso e nos dois períodos, não foi possível separar o mesmo sistema nos dois níveis de probabilidade de risco. Por esse método, a escolha da alternativa depende única e exclusivamente do nível de risco escolhido pelo tomador de decisão.

Pela análise da dominância estocástica (Tabela 30) do período 1987 a 1989, o sistema IV dominou os demais sistemas estudados. Por sua vez, o sistema VI dominou os sistemas I, II, III e V; o sistema II dominou os sistemas I, III e V; o sistema III dominou os sistemas I e V; e o sistema I dominou o sistema V. Pelo resultado da análise da dominância estocástica (Tabela 31) do período 1990 a 1995, o sistema IV dominou, também, os demais sistemas. Por outro lado, o sistema VI dominou os sistemas I, II, III, V e VII; o sistema V dominou os sistemas I, II, III e VII; o sistema III dominou os sistemas I, II e VII; o sistema II dominou os sistemas I e VII; e o sistema VII dominou o sistema I.

Tabela 28. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles), por hectare, em sistemas de rotação de culturas, no período de 1987 a 1989

%	Sistema de rotação					
	I	II	III	IV	V	VI
	----- R\$ ha ⁻¹ -----					
0	56,93	129,97	0,00	0,00	0,00	28,13
5	161,78	235,30	88,35	200,89	118,81	216,48
10	181,62	255,23	119,34	240,09	143,12	252,12
15	195,00	268,67	140,22	266,52	159,50	276,15
20	231,67	305,51	197,49	338,97	204,43	342,03
25	247,00	320,90	221,43	369,26	223,20	369,56
30	256,73	330,69	236,63	388,50	235,13	387,05
35	270,99	345,01	258,90	416,67	252,60	421,67
40	281,34	355,41	275,06	437,12	265,28	431,26
45	294,89	369,02	296,22	463,89	281,87	455,60
50	306,40	380,58	314,19	486,62	295,97	476,27
55	323,86	398,12	341,46	521,14	317,37	507,64
60	344,72	419,07	374,04	562,34	342,92	545,11
65	351,47	425,86	384,58	575,69	351,19	557,25
70	361,01	435,44	399,48	594,53	362,88	574,38
75	375,17	449,67	421,59	622,52	380,22	599,82
80	393,79	468,37	450,67	659,30	403,03	633,26
85	408,78	483,42	474,07	688,91	421,39	660,18
90	430,10	504,84	507,36	731,04	447,51	698,49
95	463,65	538,54	559,75	797,32	488,60	758,75
100	576,66	652,08	736,24	1.020,62	627,06	961,78

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Observa-se que o método de análise através da dominância estocástica mostrou maior nível de discriminação do que os métodos aplicados anteriormente e deve ser empregado, sempre que possível, para testar as novas recomendações aos agricultores, porque oferece opções dentro de uma abrangência limitada (Porto et al., 1982). Neste estudo, de seis (1987 a 1989) e sete sistemas (1990 a 1995), foi separado somente um sistema (IV), em ambos os períodos.

Por esse último método e nos dois períodos, foi possível separar o sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1987 a 1989, ou trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, de 1990 a 1995) como o mais lucrativo e de menor risco, para a região do Planalto Médio do RS.

Como o risco tende a atuar como impedimento, por parte dos agricultores, à adoção de práticas melhoradoras (Moutinho

et al. (1978), este trabalho permite que se escolha o sistema de rotação de culturas como prática viável economicamente, em relação à monocultura trigo/soja e ao pousio de inverno.

Nos demais sistemas de rotação de culturas estudados, apesar de diversificados, ocorreram vários fatos que afetaram a receita líquida. No período de 1987 a 1989, os sistemas de rotação III e V, ao conterem

duas culturas de cobertura de solo (aveia preta e ervilhaca), apresentaram receita líquida menor do que a dos sistemas IV e VI, que tinham somente uma cultura de cobertura (ervilhaca). No caso da ervilhaca, que antecedeu a cultura de milho, não foi usada adubação nitrogenada de cobertura na referida gramínea. Isso contribuiu para baratear os custos dos sistemas que incluíam essa leguminosa como cultura de adubação verde.

Tabela 29. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida (twentiles), por hectare, em sistemas de rotação de culturas, no período de 1990 a 1995

%	Sistema de rotação						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	----- R\$ ha ⁻¹ -----						
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	6,36	83,53	2,94	51,82	23,52
10	0,00	0,00	62,43	135,23	61,07	107,14	63,91
15	0,00	4,44	101,47	170,09	102,90	144,44	91,15
20	97,18	128,22	208,52	265,66	217,58	246,70	165,81
25	139,06	179,95	253,26	305,60	265,51	289,44	197,02
30	165,61	212,82	281,69	330,98	295,96	316,59	216,85
35	204,49	260,95	323,31	368,73	340,55	350,35	245,88
40	232,70	295,88	353,51	395,11	372,91	385,21	266,95
45	269,64	341,60	393,06	430,42	415,28	422,99	294,54
50	301,01	380,44	426,65	460,41	451,27	455,07	317,97
55	348,63	439,40	477,64	505,92	505,89	503,78	353,53
60	405,49	509,79	538,52	560,28	571,11	561,94	395,99
65	423,90	532,59	558,23	577,88	592,23	580,77	409,75
70	449,91	564,78	586,07	602,73	622,06	607,37	429,16
75	488,52	612,58	627,41	639,64	666,34	640,86	458,00
80	539,27	675,42	681,76	688,16	724,57	698,77	495,91
85	580,13	725,99	725,50	727,21	771,42	740,56	526,42
90	638,26	797,97	787,74	782,78	838,11	800,01	569,83
95	729,71	911,19	885,66	870,20	943,01	893,55	638,13
100	1.037,84	1.292,65	1.215,56	1.164,74	1.296,43	1.208,70	868,24

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

Tabela 30. Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas, no período de 1987 a 1989

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

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja.

Sistema III: trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema IV: trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia preta/soja e ervilhaca/milho.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja, linho/soja e ervilhaca/milho.

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

Tabela 31. Dominância estocástica da receita líquida dos sistemas de rotação de culturas, no período de 1990 a 1995

Sistema de rotação	Sistema de rotação						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	-	0	0	0	0	0	0
II	1	-	0	0	0	0	1
III	1	1	-	0	0	0	1
IV	1	1	1	-	1	1	1
V	1	1	1	0	-	0	1
VI	1	1	1	0	1	-	1
VII	1	0	0	0	0	0	-

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema IV: trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema V: trigo/soja, trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VI: trigo/soja, trigo/soja, girassol ou aveia preta/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo.

Sistema VII: pousio/soja.

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

No período de 1990 a 1995, em dois anos, o milho não foi colhido, devido a forte estiagem, em 1990, e à retirada de todas as espigas quando estas encontravam-se em estágio de grãos em massa, em 1993. Apesar da perda da produção de milho, em dois anos, os sistemas que o incluíram foram

superiores à monocultura trigo/soja. Além disso, a aveia branca, igualmente, não foi colhida, devido a precipitação de granizo, em 1991. No período de 1993 a 1995, os sistemas de rotação IV e VI também continham duas culturas de cobertura de solo. Entretanto, em 1993, a ervilhaca, e em

1994 e 1995, a aveia preta e a ervilhaca, foram avaliadas segundo a real contribuição para os sistemas, ou seja, o seu peso de biomassa seca e a quantidade de nitrogênio aportada. Isso melhorou o desempenho de ambas as espécies, na receita bruta, e conseqüentemente aumentou a receita líquida. A aveia preta poderia ser avaliada, ainda, por sua contribuição na engorda de animais, no período de inverno, desde que pastejada.

Conclusões

A rotação de culturas foi eficiente no controle de doenças de raízes de trigo, em Passo Fundo, RS, e região.

Não houve diferenças significativas entre sistemas de rotação com trigo, na média dos anos estudados, para severidade de doenças de raízes, para rendimento de grãos, para peso de grãos por planta e para peso do hectolitro de trigo.

Os sistemas de rotação de culturas com um ou mais invernos sem trigo devem ser preferidos como sistemas de produção.

As culturas que antecedem a ervilhaca influem no rendimento de grãos de milho.

Os sistemas IV e VI, estudados de 1987/88 a 1989/90, constituíram as melhores opções de rotação de culturas para milho a serem recomendadas em nível de lavoura.

Não houve diferenças significativas entre as sucessões avaliadas para o rendimento de grãos de sorgo.

A soja cultivada após aveia branca, aveia preta e trigo pode ser incluída, sem prejuízo, nos diferentes sistemas de sucessão de culturas recomendados para a Região Sul do Brasil.

A soja cultivada após linho mostrou menores valores para rendimento de grãos e para estatura de plantas.

Todos os sistemas estudados foram considerados viáveis e sustentáveis, pois apresentam balanço energético positivo.

Os sistemas com rotação de culturas, na maioria dos anos, foram energeticamente mais eficientes do que a monocultura trigo/soja ou pousio/soja.

No período de 1987 a 1989, os sistemas IV e VI apresentaram, na média geral, maior retorno econômico do que os sistemas III e V. Nesse caso, os sistemas IV e VI foram indicados como alternativas para substituir o sistema I.

No período de 1990 a 1995, considerando-se as médias gerais do período, os sete sistemas foram semelhantes para receita líquida por hectare; no entanto, com base nos resultados anuais, os sistemas III, IV, V e VI podem ser indicados como alternativas aos sistemas I e VII.

De 1987 a 1989, pela análise da média variância, os sistemas IV e VI apresentaram receita líquida superior à dos sistemas I, II, III e V.

De 1990 a 1995, pela análise da média variância, não houve diferenças significativas entre a receita líquida dos sistemas.

Pelo método de dominância estocástica, o sistema IV mostrou-se a melhor alternativa de produção, dos pontos de vista de rentabilidade e de menor risco.

Referências Bibliográficas

- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.

- ANDERSON, J. R. **Modeling decision-making under risk**. México: CIMMYT, 1976.
- BERARDI, G. M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. **Agro-Ecosystems**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 367-376, 1978.
- BOHRA, C. P.; VARSHNEY, A. C; NARANG, S. Energy and cost audit of bullock and power tiller farming system in soybean and wheat crop production. **Journal of Scientific & Industrial Research**, Bhopal, v. 49, n. 12, p. 583-588, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.
- COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Recomendações tecnológicas para o cultivo de aveia**. Passo Fundo: UPF - Faculdade de Agronomia, 1995. 50 p.
- COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B. Incidência de podridão parda da haste da soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22., 1994, Cruz Alta. **Soja: resultados de pesquisa 1993/1994**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 63-65.
- 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. R. da. Aspectos teóricos sobre incorporação de risco 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, E. R. da. **PACTA - Programa de Avaliação Comparativa de Tecnologias Alternativas: guia do usuário, versão 2**. Brasília: EMBRAPA-DDM, 1980. 7 p.
- DENARDIN, J. E; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.
- DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1985. p. 85-104.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (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.
- DICK, W. A.; VAN DOREN JR., D. M. Continuous tillage and rotation combination effects on corn, soybean, and oat yields. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 3, p. 459-465, 1985.
- DIDONET, A. D.; SANTOS, H. P. dos. Sustentabilidade: manejo de nitrogênio no sistema de produção. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO 41.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 24., 1996, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. p. 236-240.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia, 1991. 97 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 19).

- FELDSTEIN, M. S. Mean variance analysis in the theory of liquidity preference and portfolio selection. **Review of Economic Studies**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 5-14, 1969.
- FEPAGRO. **Recomendações técnicas para a cultura de milho no RS**. Porto Alegre: FEPAGRO / EMATER-RS / FECOTRIGO, 1997. 140 p. (FEPAGRO. Boletim Técnico, 4).
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, para a região sul do Brasil, sob sistema plantio direto**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 8 p. (EMBRAPA-CNPT. Comunicado Técnico, 1).
- FREITAS, E. A. G. de; DUFLOTH, J. H.; GREINER, L. C. **Tabela de composição química-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 33p. (EPAGRI. Documentos, 155).
- HEICHEL, G. H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 27-33.
- HANOCH, G.; LEVY, H. Efficient portfolio selection with quadratic and cubic utility. **Journal of Business**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 181-189, 1970.
- LANGDALE, G. W.; WILSON JUNIOR, R. L.; BRUCE, R. R. Cropping frequencies to sustain long-term conservation tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 193-198, 1990.
- MARCHIORO, N. de P.X. Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas. In: **TREINAMENTO EM ANÁLISE ECOENERGÉTICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS**, 1., 1985, Curitiba. Curitiba: IAPAR, 1985. p. 24-40.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V. dos; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap. 3, p. 33-47.
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. 1986. 139 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- PIMENTEL, D. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980a. p. 45-48.
- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980b. 475 p.
- 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.
- 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.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C. Energia e mão-de-obra. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 62, p. 21-26, 1990.
- QUESADA, G. M.; BEBER, J. A. C.; SOUZA, S. P. de. Balanços energéticos agropecuários: uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 20-28, 1987.
- REIS, E. M. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p. 78-99.
- REIS, E. M.; FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C. **Estratégia para o controle de doenças do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 50 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- REIS; E. M.; SANTOS, H. P. dos. Interações entre doenças de cereais de inverno e sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Ed. Aldeia Norte, 1993. p. 105-110.
- REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. Efeitos sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 431-437, 1983.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R. Rotação de culturas. IV. Efeito sobre o mosaico e doenças radiculares do trigo em 1983. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 637-642, 1985.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 29., 1997, Porto Alegre. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo 1997**. Porto Alegre, 1997a. 82 p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997, Passo Fundo. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 1997/98**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997b. 130 p.

ROMAN, E. R.; VELLOSO, J. A. R. de O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 77-84.

SANTOS, H. P. dos. **Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto**. 1992. 136 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas envolvendo soja e trigo, num período de dez anos, sob plantio direto, em Guarapuava, PR. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Soja: resultados de pesquisa 1994/1995**. Passo Fundo, 1995. p. 180-192. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 22). Trabalho apresentado na XXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Porto Alegre, 1995a.

SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; AMBROSI, I. Análise econômica de quatro sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1167-1175, set. 1995b.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1141-1146, nov. 1997.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B.; WOBETO, C. Efeito de culturas de inverno em plantio direto sobre a soja cultivada em rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 289-295, mar. 1998.

SANTOS, H. P. dos; PEREIRA, L. R.; REIS, E. M. Rotação de culturas. XXIV. Efeitos das culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas de plantas de soja, num período de cinco anos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 17., 1989, Porto Alegre. **Soja: resultados de pesquisa 1988-1989**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1989. p. 100-115.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. XIX. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1637-1645, out. 1990.

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. 15 p. (EMBRAPA-CNPT. Projeto 004.86.008/6).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p. 85-103.

SANTOS, H. P. dos; VIEIRA, S. A.; PEREIRA, L. R.; ROMAN, E. S. Rotação de culturas. XVI. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agrônômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1539-1549, set. 1991.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo, 1995. 223 p.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

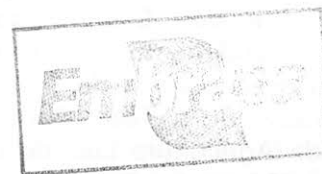
VARVEL, G. E. Monoculture and rotation system effects on precipitation use efficiency of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 1, p. 204-208, 1994.

WHITE, D. J. Energy in agricultural systems. **The Agricultural Engineer**, Bedford, v. 30, n. 3, p. 52-58, 1975.

WILSON, P. N.; BRIGSTOCKE, T. D. A. Energy usage in British agriculture - a review of future prospects. **Agricultural Systems**, Essex, v. 5, n. 1, p. 51-70, 1980.

ZENTNER, R. P.; STUMBORG, M. A.; CAMPBELL, C. A. Effect of crop rotations and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 25, n. 2/3, p. 217-232, 1989.

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. **Conservation tillage for subtropical areas: proceedings**. Passo Fundo: CIDA / EMBRAPA-CNPT, 1990. p. 96-116.



**Circular
Técnica, 10**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 174 - Caixa Postal 451

99001-970 Passo Fundo, RS

Fone: 54 311 3444

Fax: 54 311 3617

E-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2001): 500 tiragem

**Comitê de
publicações**

Presidente: Rainoldo Alberto Kochhann

Secretário-Executivo: Clóvis Campos.

Membros: Arcenio Sattler, Ariano Moraes Prestes,
Cantídio Nicolau Alves de Sousa, Delmar Pöttker,
Gilberto Rocca da Cunha, João Carlos Haas,
José Roberto Salvadori, Osmar Rodrigues.

Expediente

Tratamento editorial: Fátima Maria De Marchi

Diagramação: Daniela Tais Machado