

Sistema de Produção de Grãos com Pastagens Anuais de Inverno e de Verão, sob Plantio Direto



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 69

Sistema de Produção de Grãos com Pastagens Anuais de Inverno e Verão, Sob Plantio Direto

Henrique Pereira dos Santos
Renato Serena Fontaneli
Silvio Tulio Spera
Gilberto Omar Tomm
Ivo Ambrosi

Passo Fundo, RS
2006

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:
Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 294 - Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
Telefone: (54) 3316-5800 Fax: (54) 3316-5802
www.cnpt.embrapa.br
E-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Comitê de Publicações

Ana Lúcia Variani Bonato, José Antonio Portella, Leandro Vargas (Presidente), Leila Maria Costamilan, Márcia Soares Chaves, Maria Imaculada Pontes Moreira Lima, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Rainoldo Alberto Kochhann, Rita Maria Alves de Moraes

Editoração eletrônica: Fátima Maria De Marchi

Ilustração da capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Fotos: Paulo Kurtz

Ficha catalográfica: Maria Regina Martins

Financiado pela Fapergs

1ª edição

1ª impressão (2006): 500 exemplares

Publicação financiada pela FAPERGS (processo nº04/0674-0)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Santos, Henrique Pereira dos Santos.

Sistema de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto. / Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera, Gilberto Omar Tomm, Ivo Ambrosi. – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2006.

128 p. ; 21 cm. (Embrapa Trigo. Documentos, 69).

ISSN 1516-5582

1. Integração Lavoura x Pecuária. I. Fontaneli, Renato Serena. II. Spera, Silvio Túlio. III. Tomm, Gilberto Omar. IV. Ambrosi, I. V. Título. VI. Série.

CDD: 631.58

© Embrapa Trigo 2006

Autores

Gilberto Omar Tomm
Pesquisador, Ph.D
Embrapa Trigo
BR 285, km 294
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br

Henrique Pereira dos Santos
Pesquisador, Dr., Bolsista CNPq
Embrapa Trigo
BR 285, km 294
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

Ivo Ambrosi
Professor da UPF/FEA
Universidade de Passo Fundo
Caixa Postal 566
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: ambrosi@upf.br

Renato Serena Fontaneli
Pesquisador, Ph.D., Bolsista CNPq
Embrapa Trigo
BR 285, km 294
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br

Silvio Tulio Spera
Pesquisador, M.S.
Embrapa Trigo
BR 285, km 294
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

Apresentação

Modelo e sistema são duas palavras que admitem diferentes conotações, dependendo do campo de aplicação. Por exemplo, modelo pode ser qualquer coisa de determinado formato, tamanho, qualidade, etc., também uma réplica em miniatura de um objeto, estilo, moda ou pessoa que posa para um artista ou fotografa e/ou participa de desfile de roupas. Há ainda as concepções de modelos sociais, econômicos e políticos que são abstrações teóricas. Diante do exposto, um modelo pode ser um molde, um padrão, uma representação simplificada ou uma abstração da realidade (sistema). E é essa "realidade" (o objeto de interesse) que entendemos por sistema. Um modelo matemático, por exemplo, descreve, por meio de linguagem simbólica, o comportamento de um sistema, sendo, em essência, uma formalização do conhecimento que se tem do mesmo.

Em agricultura, as expressões "sistemas de cultivo", "sistemas de produção" e "sistemas agrícolas" são usadas com muita frequência e, não raro, de maneira equivocada ou, pelo menos, não suficientemente clara. Tomando-se por base as definições postas por Loomis & Connor (Loomis, R.S.; Connor, D.J. *Crop ecology-productivity and*

management in agricultural systems. New York: Cambridge University Press, 538p. 1998.) e suas possíveis adaptações para a língua portuguesa, tem-se: (1) sistema de cultivo (cropping system), referindo-se a uma cultura agrícola e suas práticas de manejo associadas; (2) sistema de produção (farming system), quando o enfoque é o gerenciamento da propriedade agrícola com uma filosofia de empreendimento econômico, envolvendo a exploração de diferentes culturas e animais, de forma isolada ou em integração, e práticas de manejo; e, por último, (3) sistema agrícola (agricultural system), quando se refere à organização regional dos diferentes sistemas de produção, com destaque para as suas similaridades.

O documento que ora está sendo publicado pelo selo editorial da Embrapa Trigo, em 2ª edição (revista e ampliada), contempla um tipo de conteúdo que se enquadra perfeitamente na classe dos sistemas de produção mistos, envolvendo culturas para produção de grãos e plantas forrageiras, com o enfoque de integração lavoura e pecuária. É uma obra baseada em vasta pesquisa de campo realizada pelos autores, contemplando análises biológicas (plantas e animais), avaliações de atributos de solo (químicos e físicos) e análises econômicas de diferentes modelos de sistemas de produção mistos, com orientação para as condições de ambiente e os sistemas agrícolas do sul do Brasil. E este é o seu diferencial: o embasamento experimental, a qualidade e experiência dos autores e o foco regional.

Gilberto R. Cunha
Chefe-geral da Embrapa Trigo

Sumário

Sistema de Produção de Grãos com Pastagens Anuais de Inverno e de Verão, Sob Plantio Direto	9
Introdução.....	9
Material e Métodos	18
Resultados	24
Rendimento de grãos	24
Rendimentos de grãos de aveia branca.....	24
Rendimento de grãos de milho	30
Rendimento de grãos de soja	30
Rendimentos de grãos de trigo	41
Desempenho de bovinos em pastagens anuais de inverno e verão	43
Fertilidade do Solo	46
pH do solo	47
Alumínio trocável do solo	48
Cálcio + magnésio trocáveis do solo.....	49
Matéria orgânica do solo	51
Fósforo extraível do solo	52
Potássio trocável do solo	53
Física do solo	67
Densidade do solo.....	67
Porosidade total.....	68
Microporosidade	69
Macroporosidade	70
Resistência do solo à penetração.....	81
Conversão energética e balanço energético	82
Análise econômica	96

Análise de risco	104
Conclusões	112
Rendimento de grãos e ganho de peso animal	112
Fertilidade do solo	113
Física do solo	114
Conversão energética e balanço energético	114
Receita líquida	115
Análise de risco	115
Referências bibliográficas	116

Sistema de Produção de Grãos com Pastagens Anuais de Inverno e de Verão, sob Plantio Direto

Henrique Pereira dos Santos

Renato Serena Fontaneli

Silvio Tulio Spera

Gilberto Omar Tomm

Ivo Ambrosi

Introdução

Experimentos de longa duração envolvendo sistemas de rotação de culturas vêm sendo desenvolvidos na Embrapa Trigo desde a década de 1970 (Santos e Reis, 2001). Muitos desses trabalhos foram estabelecidos de forma a permitir a estimativa do efeito do ano agrícola. Para isso, todas as espécies de cada sistema, tanto de inverno (aveia branca, cevada e trigo) como de verão (milho,

soja e sorgo), devem ser semeadas todos os anos.

A partir da década de 1990, uma nova série de experimentos de longa duração foi iniciada, envolvendo culturas produtoras de grãos (aveia branca, milho, soja e trigo) em rotação com pastagens anuais de inverno (aveia preta, azevém e ervilhaca) e de verão (milheto) ou com pastagens perenes compostas por festuca ou pensacola consorciadas com trevo branco, trevo vermelho e cornichão (Ambrosi et al., 2001; Santos et al., 2001ab).

A aveia desempenha papel relevante no sistema de rotação de culturas como espécie produtora de grãos e como forrageira na integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. A aveia branca destina-se à produção de grãos, sendo importante na alimentação humana e animal. O milho, a soja e o trigo, além de serem espécies muito cultivadas no país, também se enquadram perfeitamente nos sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno ou de verão (Fontaneli et al., 2000c).

Ademais, os resíduos culturais mantidos na superfície do solo desempenham importante papel no sistema plantio direto, pois controlam a erosão, conservam a fertilidade e a umidade do solo e, também, reduzem a incidência de plantas daninhas (Roman & Didonet, 1990). Esses resíduos também podem causar efeitos negativos sobre o crescimento de culturas, em razão dos efeitos alelopáticos sobre o desenvolvimento de plantas (Almeida, 1988; Santos & Reis, 2001). A alelopatia entre culturas é interessante agronomicamente, especial-

mente no que diz respeito à definição de sistema de produção ou à sucessão de culturas sob plantio direto. Trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo têm demonstrado efeitos sobre culturas que podem, pelo menos em parte, ser atribuídos a efeitos alelopáticos (Santos & Roman, 2001). O rendimento de grãos e a estatura de plantas de soja foram afetados pelos resíduos de aveia branca, de colza e de linho (Santos & Reis, 1991; Santos & Roman, 2001). Em outros estudos conduzidos por Santos & Lhamby (1996) e por Santos et al. (1997, 1998), menor rendimento de grãos e menor estatura de plantas de soja foram relacionados à inadequada cobertura de solo proporcionada pelo linho, comparativamente à aveia branca, à aveia preta, à cevada ou ao trigo.

Por sua vez, a integração lavoura e pecuária, por meio de sistema de produção de grãos e pastagem, constitui uma alternativa para recuperação de solos e de pastagens, além de proporcionar maior diversidade de produção e, por conseguinte, maior oportunidade de obtenção de reforços econômicos ao longo do tempo (Macedo, 2001). Espera-se que, ao se empregar a tecnologia, melhorem as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e diminua a ocorrência de pragas, de doenças e de plantas daninhas (Fontaneli et al., 2000b; Spera et al., 2002; Santos et al., 2003).

Sistema de produção de grãos ou sistemas de produção mistos (lavoura + pecuária), sob plantio direto, deixam na superfície do solo, após a colheita, resíduos vegetais das diferentes espécies usadas na rotação de culturas. Um dos efeitos positivos de maior destaque tem sido o

acúmulo de nutrientes na superfície do solo, em relação ao preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) (Muzilli, 2002), pelo emprego da adubação na linha de semeadura.

Em plantio direto, o acúmulo de matéria orgânica, de Ca + Mg, de P e de K na camada superficial, em comparação às camadas mais profundas, tem sido destacado em vários trabalhos de pesquisa sobre sistemas de rotação de culturas ou de produção de grãos (Sá, 1993; Bayer & Bertol, 1999; De Maria et al., 1999; Silveira & Stone, 2001; Amado et al., 2001). A adição de fertilizantes nitrogenados e esterco à superfície do solo promove frente de acidificação, com abaixamento do pH a partir da camada superficial, porém sem alterar a saturação por bases nem aumentar a toxicidade por Al, provavelmente em decorrência da diminuição da atividade deste como resultado da presença de compostos orgânicos (Salet, 1994; Paiva, et al., 1996). Além disso, com a adoção do sistema plantio direto, principalmente em solos de textura argilosa, ocorre degradação estrutural de solo, de acordo com dados de pesquisa que demonstram elevação da densidade de solo e aumento de resistência à penetração (Torres & Saraiva, 1999). Atualmente, muitos produtores usuários de plantio direto tornaram a lavrar o solo sob alegação de que a compactação de solo tem sido a principal causa de redução de rendimento de grãos. Sá (2000) destaca que a compactação inibe o desenvolvimento de raízes, o que causa menor desenvolvimento de plantas. Porém, Kochhann et al. (1999) sustentam que a suposição de que a continuidade do

sistema plantio direto por vários anos implica problemas de degradação estrutural na camada superficial nem sempre é comprovada. No estudo realizado por Santos et al. (2002) sobre sistema de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto, não foi encontrada diferença significativa para densidade de solo entre os sistemas estudados.

Tem sido observado efeito da cobertura sobre as propriedades físicas do solo (Anjos et al., 1994; Albuquerque et al., 1995; Andreola et al., 2000). Os trabalhos desenvolvidos por Da Ros et al. (1997), por Albuquerque et al. (2001) e por Silveira & Stone (2001), em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto incluindo espécies com sistema radicular agressivo e com diferentes quantidades de fitomassa, sugerem que as propriedades físicas e químicas de solo podem ser alteradas. Entretanto, após algum tempo sob plantio direto, a camada superficial do solo apresenta, freqüentemente, maior valor para densidade de solo e para microporosidade e menor valor para macroporosidade (Albuquerque et al., 2001; Stone & Silveira, 2001). De acordo com Reeves (1995), com o passar dos anos, a densidade de solo sob cultivo pode diminuir nas camadas inferiores, em razão do aumento do nível de matéria orgânica na camada superficial.

Deve-se considerar que um sistema de produção agrícola processa e transforma recursos e energia, segundo um conjunto de técnicas ou tecnologias, com o objetivo de tornar disponíveis ao homem produtos vegetais e animais (De Mori, 1998). Pode-se mensurar o desempenho produtivo desse sistema mediante avaliação do grau de

eficiência técnica das transformações energéticas ocorridas no sistema.

A eficiência técnica consiste na habilidade da unidade agrícola em produzir o máximo de produto possível para dado conjunto de insumos e tecnologia sob as condições ambientais em que ela se situa (De Mori, 1998). Do ponto de vista agrônomo, a eficiência técnica tem sido avaliada sob o aspecto das transformações energéticas através da conversão e do balanço energético (Santos et al., 2000c), o que agrega um referencial ecológico de longo prazo às análises de eficiência nas transformações de insumos em produtos (De Mori, 1998).

No Brasil também têm sido realizados trabalhos relacionados com conversão e balanço energético entre espécies isoladamente, dos quais destacam-se Quesada et al. (1987), Quesada e Beber (1990) e Monegat (1998). Existem relativamente poucos trabalhos sobre conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas ou com sistemas mistos de produção, entre os quais encontram-se os de Santos et al. (2000bc; 2001c).

No sistema plantio direto, a integração de agricultura e pecuária é perfeitamente viável mediante ocupação de áreas de lavouras com pastagens (Fontaneli et al., 2000a). Nessas circunstâncias, cuidados especiais devem ser tomados quanto ao manejo de piquetes e de animais, buscando-se evitar compactação do solo e retirada excessiva da fitomassa.

Existem alguns relatos, no Brasil, sobre sistemas de ro-

tação de culturas ou sistema de produção de grãos (Zentner et al., 1990; Albuquerque et al., 1995; Santos et al., 1993, 1995, 1999; Franchini et al., 2000; Silveira & Stone, 2001). Quanto a sistemas de integração de lavoura com pecuária, até o presente momento, cita-se apenas o trabalho conduzido por Fontaneli et al. (2000a), porém esse estudo abrange somente pastagens de inverno.

No tocante à análise econômica de sistemas de rotação de culturas ou sistema de produção de grãos, envolvendo a cultura de trigo, sob plantio direto, salientam-se os trabalhos realizados nos municípios de Cruz Alta, RS, de Guarapuava, PR, e de Passo Fundo, RS (Zentner et al., 1990; Ruedell, 1995; Santos et al., 1999; Fontaneli et al. 2000a). No exterior, podem ser citados os trabalhos de Zentner et al. (1991), de Hernáz et al. (1995), de Gray et al. (1997) e de Sijtsma et al. (1998). Esses últimos trabalhos de rotação de culturas são incompletos, porque nem todas as espécies estudadas estão presentes todos os anos.

A integração de lavoura com pastagens anuais de inverno tem tido sucesso porque essa prática agrícola tem sido conduzida em rotação de culturas sob sistema plantio direto (Fontaneli et al., 2000b). Contudo, é fundamental estabelecer a rentabilidade da integração da lavoura com a pecuária de leite, nessas mesmas regiões, pois essa atividade requer pastagem praticamente o ano todo. Além disso, torna-se necessário identificar qual será

o sistema de lavoura + pecuária leiteira, mais lucrativo e de menor risco, possível de ser adotado pelos agricultores.

Existem vários métodos de análise da receita líquida que podem ser usados para determinar o risco, em estudos envolvendo experimentos agrícolas (Porto et al., 1982; Ambrosi & Fontaneli, 1994). Entre esses sistemas matemáticos, destacam-se a análise através da média variância e a análise de risco propriamente dito (distribuição de probabilidade acumulada e dominância estocástica).

Entre os trabalhos sobre ensaios de longa duração e sobre integração da lavoura (aveia branca, milho, soja e trigo) e pecuária (pastagens anuais de inverno: aveia preta e aveia preta + ervilhaca), destaca-se o de Ambrosi et al. (2001), que abrangeu seis anos (1990 a 1995) de sistema plantio direto, nas proximidades de Passo Fundo, RS. Nesse estudo, os autores conseguiram separar os sistemas de produção através da dominância estocástica. O sistema mais rentável e de menor risco foi o de trigo em rotação com um inverno sem essa gramínea, entre quatro sistemas estudados.

No estudo conduzido por Santos et al. (2000a), somente com lavouras para produção de grãos (aveia branca, cevada, linho, milho, soja e trigo) e para cobertura de solo e adubação verde de inverno (ervilhaca, serradela e tremoço), durante dez anos (1984 a 1993), sob sistema plantio direto, na região de Guarapuava, PR, o mesmo

sistema foi destaque nas três análises efetuadas. Esses autores lograram, através da análise da média variância, da distribuição da probabilidade acumulada e da dominância estocástica da receita líquida, separar também o sistema de produção, caracterizado pela rotação com um inverno sem trigo.

Os objetivos deste trabalho são:

- Avaliar o efeito de sistema de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto, no rendimento de grãos de aveia branca, de milho, de soja e de trigo;
- Estimar o ganho de peso animal em pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto, no sistema de produção misto (grãos + engorda de bovinos);
- Caracterizar a evolução da fertilidade e dos atributos físicos do solo, nos diferentes sistemas de produção, sob plantio direto;
- Avaliar a conversão energética e o balanço energético de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto;
- Analisar economicamente e avaliar os riscos inerentes aos diferentes sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto.

Material e Métodos

Experimento vem sendo conduzido no campo experimental da Embrapa Trigo, no município de Coxilha, RS, desde 1995, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2002), de textura argilosa e relevo suave-ondulado.

Os tratamentos foram constituídos por seis sistemas de produção mistos: Sistema I - trigo (*Triticum aestivum* L.)/soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) + ervilhaca (*Vicia sativa* L.)/milho (*Zea mays* L.); Sistema II - trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.)/milho; Sistema III - trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto [*Pennisetum americanum* (L.) Leeke]; Sistema IV - trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto; Sistema V - trigo/soja, aveia branca (*Avena sativa* L.)/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; e Sistema VI - trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto (Tabela 1). As culturas, tanto de inverno como de verão, foram estabelecidas sob plantio direto.

Em abril de 1995, antes da semeadura das culturas de inverno para instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo compostas (duas subamostras por parcela), em quatro profundidades, e os resultados das análises das parcelas foram: pH em água = 0-5 cm: 5,58, 5-10 cm: 5,65, 10-15 cm: 5,51 e 15-20 cm: 5,18; Al

trocável = 0-5 cm: 1,00, 5-10 cm: 1,13, 10-15 cm: 2,71 e 15-20 cm: 8,66 mmol_c/dm³; Ca + Mg trocáveis = 0-5 cm: 93, 5-10 cm: 94, 10-15 cm: 81 e 15-20 cm: 62 mmol_c/dm³; matéria orgânica = 0-5 cm: 41, 5-10 cm: 36, 10-15 cm: 33 e 15-20 cm: 32 g/kg; P extraível = 0-5 cm: 13,7, 5-10 cm: 10,5, 10-15 cm: 6,3 e 15-20 cm: 3,8 mg/kg; e K disponível = 0-5 cm: 158, 5-10 cm: 77, 10-15 cm: 51 e 15-20 cm: 36 mg kg⁻¹. Quatro anos antes da instalação do experimento, foi efetuada calagem com calcário dolomítico, com base no método SMP (pH 6,0).

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a indicação para cada cultura (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995) e baseada em resultados de análise de solo. As amostras de solo foram coletadas anualmente, após colheita das culturas de verão.

O pastejo de aveia preta + ervilhaca e de aveia preta + ervilhaca + azevém foi realizado por bovinos de aptidão mista, para corte e leite, cada vez que a aveia preta atingia estatura de aproximadamente 30 cm, sendo o gado retirado quando as plantas estavam na altura de 7 a 10 cm. No caso do milheto, isso ocorria na estatura de 70 cm, retirando-se o gado quando a altura das plantas era reduzida a 10 a 15 cm. Os bovinos (de 7 a 10 animais) foram introduzidos nas parcelas em condições adequadas de umidade de solo, e a forragem disponível geralmente era consumida no primeiro dia. Por ocasião dos pastejos, foram avaliadas a matéria verde, antes e depois do pastejo, e, posteriormente, a matéria seca. A matéria verde foi secada em estufa (60 °C até peso cons-

tante). Após o último pastejo, permitia-se o rebrote durante 30 a 40 dias, o que resultava em acúmulo de biomassa de 1,5 t a 2,0/t ha de matéria seca, e, então procedia-se à dessecação da vegetação para semeadura da cultura de verão (milho e milho) ou de inverno (aveia branca e trigo).

O ganho de peso de animais foi estimado por meio da matéria seca consumida. A conversão considerada foi de 10 kg de forragem seca consumida para 1 kg de ganho de peso vivo de animais, para pastagens de inverno (Restle et al., 1998), e de 15 kg de matéria seca consumida para 1 kg de ganho de peso de animais, para pastagem de milho.

O delineamento experimental foi montado em blocos ao acaso, com quatro repetições. A área das parcelas foi de 10 m de largura por 20 m de comprimento (200 m²).

A época de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários obedeceram às indicações para cada cultura. A colheita de aveia branca, de soja e de trigo foi efetuada com colhedora automotriz especial para parcelas experimentais. O milho foi colhido manualmente. O rendimento de grãos (aveia branca, milho, soja e trigo) foi determinado a partir da colheita de 1/3 da parcela, ajustando-se para umidade de 13%. Na cultura de soja, foi determinada ainda a estatura de planta. Além disso, a quantidade de palha na superfície do solo foi avaliada após coleta do resíduo cultural remanescente de inverno em área de 0,5 m².

Tabela 1. Sistema de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano		
	1995/96	1996/97	1997/98
Sistema I	T/S Ap + E/M	Ap + E/M T/S	T/S Ap + E/M
Sistema II	T/S Ap + E + Az/M	Ap + E + Az/M T/S	T/S Ap + E + Az/M
Sistema III	T/S Ap + E/Mi	Ap + E/Mi T/S	T/S Ap + E/Mi
Sistema IV	T/S Ap + E + Az/Mi	Ap + E + Az/Mi T/S	T/S Ap + E + Az/Mi
Sistema V	T/S Ab/S Ap + E/Mi	Ab/S Ap + E/Mi T/S	Ap + E/Mi T/S Ab/S Ap + E/Mi
Sistema VI	T/S Ab/S Ap + E + Az/Mi	Ab/S Ap + E + Az/Mi T/S	Ap + E + Az/Mi T/S Ab/S Ap + E + Az/Mi

Continua...

Tabela 1. Continuação

Sistema de produção	Ano		
	1999/00	2000/01	2001/02
Sistema I	T/S Ap + E/M	Ap + E/M T/S	T/S Ap + E/M
Sistema II	T/S Ap + E + Az/M	Ap + E + Az/M T/S	T/S Ap + E + Az/M
Sistema III	T/S Ap + E/Mi	Ap + E/Mi T/S	T/S Ap + E/Mi
Sistema IV	T/S Ap + E + Az/Mi	Ap + E + Az/Mi T/S	T/S Ap + E + Az/Mi
Sistema V	Ab/S Ap + E/Mi T/S	Ap + E/Mi T/S Ab/S	T/S Ab/S Ap + E/Mi
Sistema VI	Ab/S Ap + E + Az/Mi T/S	Ap + E + Az/Mi T/S Ab/S	T/S Ab/S Ap + E + Az/Mi

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Az: azevém; E: ervilhaca; M: milho; Mi: milheto; S: soja; e T: trigo.

Foi efetuada a análise de variância individual e conjunta do rendimento de grãos da aveia branca, de milho, de soja e de trigo e do ganho de peso animal. Foi realizada a análise da estatura de planta de soja e da quantidade de resíduo remanescente de espécies de inverno. Considerou-se o efeito do tratamento como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.

Além disso, os sistemas de produção foram comparados para cada atributo de fertilidade e físico de solo, em determinada profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem de solo foram comparadas no mesmo sistema de produção. Todas as comparações foram realizadas por meio de contrastes com um grau de liberdade (Steel & Torrie, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro.

Foram efetuadas ainda análises de variância da conversão, do balanço energético e da análise econômica em cada ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1995 a 2000. Nas análises de variância, consideraram-se como tratamentos as culturas (parcelas individuais) componentes dos sistemas em estudo. A avaliação dos sistemas de produção, em todas as análises, foi realizada pelo teste F, usando-se contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas de produção envolvidos em cada comparação. Esse método de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara as culturas, ou os sistemas, duas a duas em uma unidade de base homogênea.

Resultados

Rendimento de grãos

O rendimento de grãos de cada espécie e o ganho de peso dos animais, de 1995 a 2002, nos diferentes sistemas de produção de grãos integrados com pastagens anuais de inverno e de verão, podem ser observados na Tabela 2. O rendimento de grãos de trigo variou, no período estudado, de 1.430 a 3.656 kg/ha, o de milho, de 5.004 a 8.167 kg/ha, e o de soja, de 1.506 a 3.681 kg/ha.

Rendimento de grãos de aveia branca

Nos anos e na média conjunta dos anos de 1995 a 2000, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para rendimento de grãos de aveia branca (Tabela 3). Em 1995, 1997, 1998 e 1999, o rendimento de grãos foi relativamente baixo, em razão da incidência de helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana*) e, principalmente, de ferrugem da folha (*Puccinia coronata* f.sp. *avenae*) na aveia branca. Nos anos de 1996 e 2000, a aveia branca expressou melhor seu potencial de rendimento de grãos, em virtude de as condições climáticas terem sido favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Em 2001 e 2002, as parcelas de aveia branca foram dizimadas totalmente por ocorrência de granizo e por ataque intenso de ferrugem da folha, respectivamente.

Tabela 2. Rendimento de grãos de diferentes espécies e ganho de peso animal envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, de seis sistemas de produção, sob plantio direto, Passo Fundo, RS.

	Ano							
	1995		1996		1997		1998	
	T	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M
Sistema I	1.990	2.781	337 ¹	6.227	1.633	2.631	256 ¹	6.087
	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M	T	S
	428 ¹	5.920	2.289	2.461	262 ¹	8.167	1.962	2.112
Sistema II	T	S	Ap+E+Az	M	T	S	Ap+E+Az	M
	1.734	2.410	334 ¹	6.509	1.605	2.549	405 ¹	7.537
	Ap+E+Az	M	T	S	Ap+E+Az	M	T	S
	383 ¹	6.807	2.333	2.254	231 ¹	8.025	1.984	2.010
Sistema III	T	S	Ap+E	Mi	T	S	Ap+E	Mi
	1.909	2.323	334 ¹	534 ¹	1.809	2.606	239 ¹	419 ¹
	Ap+E	Mi	T	S	Ap+E	Mi	T	S
	390 ¹	428 ¹	2.470	2.800	250 ¹	631 ¹	2.136	2.009
Sistema IV	T	S	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ap+E+Az	Mi
	1.863	2.460	310 ¹	559 ¹	1.702	2.641	441 ¹	350 ¹
	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ap+E+Az	Mi	T	S
	446 ¹	319 ¹	1.956	2.429	243 ¹	546 ¹	2.041	1.991

Continua...

Tabela 2. Continuação

	Ano						
	1995	1996		1997		1998	
kg/ha.....						
Sistema V							
T	1.901	S	2.539	Ab	S	2.103	S
Ab	3.202	S	1.594	Ap+E	Mi	245 ¹	2.226
Ap+E	347 ¹	Mi	553 ¹	T	S	Ab	S
Mi	2.411	S	1.430	Ab	S	2.114	2.024
Ap+E	358 ¹	Mi	2.575	1.892	S	Ap+E	Mi
						218 ¹	521 ¹
Sistema VI							
T	1.692	S	2.335	Ab	S	Ap+E+Az	T
Ab	3.037	S	1.506	Ap+E+Az	Mi	239 ¹	1.895
Ap+E+Az	306 ¹	Mi	534 ¹	T	S	Ab	S
Mi	2.571	S	1.721	Ab	S	2.200	1.843
Ap+E+Az	396 ¹	Mi	2.847	2.116	S	Ap+E+Az	Mi
						435 ¹	393 ¹

¹ Ganho de peso animal. Cada kg de ganho de peso animal (bovinos) na Ap+E equivale a 10 kg de forragem seca consumida, enquanto no Mi equivale a 15 kg.

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Az: avevém; E: ervilhaca; M: milho; Mi: milheto; S: soja; e T: trigo.

Continua...

Tabela 2. Continuação

	Ano							
	1999		2000		2001		2002	
.....kg/ha.....								
Sistema I	T	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M
	3.509	2.698	402 ¹	7.431	- ³	2.350	301 ¹	6.793
	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M	T	S
	408 ¹	5.307	- ²	3.025	334 ¹	5.465	2.289	3.505
Sistema II	T	S	Ap+E+Az	M	T	S	Ap+E+Az	M
	3.630	3.017	420 ¹	7.470	- ³	2.257	299 ¹	6.686
	Ap+E+Az	M	T	S	Ap+E+Az	M	T	S
	422 ¹	5.004	- ²	2.993	362 ¹	5.482	2.247	3.291
Sistema III	T	S	Ap+E	Mi	T	S	Ap+E	Mi
	3.120	2.483	515 ¹	480 ¹	- ³	2.149	347 ¹	521 ¹
	Ap+E	Mi	T	S	Ap+E	Mi	T	S
	354 ¹	169 ¹	- ²	3.451	364 ¹	673 ¹	2.352	3.662
Sistema IV	T	S	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ap+E+Az	Mi
	3.656	3.274	446 ¹	487 ¹	- ³	2.355	328 ¹	444 ¹
	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ap+E+Az	Mi	T	S
	391 ¹	166 ¹	- ²	3.300	360 ¹	633 ¹	2.236	3.508

Continua...

Tabela 2. Continuação

	Ano							
	1999		2000		2001		2002	
kg/ha.....							
Sistema V	Ab	S	Ap+E	Mi	T	S	Ab	S
	1.878	2.931	440 ¹	386 ¹	- ³	2.258	- ⁴	3.526
	Ap+E	Mi	T	S	Ab	S	Ap+E	Mi
	353 ¹	189 ¹	- ²	3.198	- ³	1.810	342 ¹	532 ¹
	T	S	Ab	S	Ap+E	Mi	T	S
	3.353	2.870	3.584	3.248	374 ¹	626 ¹	2.310	3.681
Sistema VI	Ab	S	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ab	S
	1.891	2.897	417 ¹	386 ¹	- ³	2.336	- ⁴	3.241
	Ap+E+Az	Mi	T	S	Ab	S	Ap+E+Az	Mi
	407 ¹	160 ¹	- ²	3.157	- ³	1.953	367 ¹	547 ¹
	T	S	Ab	S	Ap+E+Az	Mi	T	S
	3.511	3.127	3.091	2.928	366 ¹	631 ¹	2.412	3.529

¹ Ganho de peso animal. Cada kg de ganho de peso animal (bovinos) na Ap+E equivale a 10 kg de forragem seca consumida, enquanto no Mi equivale a 15 kg.

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Az: avevém; E: ervilhaca; M: milho; Mi: milheto; S: soja; e T: trigo.

² No ano de 2000, o trigo foi perdido, em função de ataque intenso de giberela. ³No ano de 2001, a aveia branca e o trigo foram dizimados totalmente pela precipitação de granizo. ⁴No ano de 2002, a aveia branca foi perdida, em função de ataque intenso de ferrugem da folha.

Tabela 3. Efeito de sistemas de produção de grãos integrando pastagens anuais de inverno e de verão no rendimento de grãos de aveia branca, sob plantio direto, de 1995 a 2000. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
..... kg/ha						
Sistema I	1.293	3.202	1.892	2.114	1.878	3.584
Sistema II	1.257	3.037	2.270	2.200	1.891	3.091
Média	1.275	3.120	2.081	2.157	1.885	3.337
CV (%)	11	6	14	10	17	11
F tratamentos	0,3 ns	0,3ns	0,2ns	0,3ns	0,5 ns	0,2 ns

Sistema I: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e

Sistema II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

ns: não significativo.

Rendimento de grãos de milho

No período de 1995/96 a 2002/03, houve diferenças significativas entre as médias de rendimento de grãos de milho para o fator ano ($P > 0,01$), indicando que essa característica foi afetada por variações meteorológicas ocorridas entre os anos. Na análise conjunta dos anos, não foi verificada diferença significativa para o tipo de cultura antecessora e para a interação ano x cultura antecessora (Tabela 4). O rendimento médio de grãos de milho no período de oito anos, para o Sistema I, foi de 6.425 kg/ha, e, para o Sistema II, de 6.686 kg/ha. A cada ano e na média conjunta dos anos (1995/96 a 2002/03), não houve diferença significativa entre as médias para rendimento de grãos de milho (Tabela 4).

No Sistema II, nos anos de 1995, 1996 e 1998, o milho foi semeado depois da época indicada, em virtude da inclusão de azevém na pastagem de inverno, porém isso não determinou diferença no rendimento de grãos dessa gramínea.

Rendimento de grãos de soja

O resultado da análise de cada safra e do conjunto das safras relativamente ao rendimento de grãos e à estatura de plantas de soja, de 1995/96 a 2002/03, pode ser observado nas tabelas 5 e 6. A quantidade de resíduo cultural remanescente de espécies de inverno, nesse mesmo período, encontra-se na Tabela 7.

Tabela 4. Efeito de culturas de inverno, em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto, no rendimento de grãos de milho, de 1995/96 a 2002/03. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2003.

Sistema de produção	Ano								Média
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	
..... kg/ha.....									
Sistema I									
Milho após aveia preta preta + ervilhaca	5.920	6.227	8.167	6.087	5.307	7.431	5.465	6.793	6.425
Sistema II									
Milho após aveia preta + ervilhaca + azevém	6.807	6.509	8.025	7.537	5.004	7.470	5.482	6.653	6.686
Média	6.364	6.368	8.096	6.812	5.155	7.450	5.473	6.723	6.555
CV (%)	10	8	12	19	20	7	8	7	-
F de tratamentos	3,6 ns	0,6 ns	0,1 ns	2,4 ns	0,2 ns	0,1 ns	0,1 ns	0,2 ns	1,1 ns

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho.

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho.

ns: não significativo.

Tabela 5. Efeitos de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão no rendimento de grãos de soja, de 1995/96 a 2002/03, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano				
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00
	kg/ha				
Sistema I: soja após trigo	2.781	2.461 ab	2.631	2.112	2.698
Sistema II: soja após trigo	2.410	2.254 b	2.549	2.010	3.017
Sistema III: soja após trigo	2.323	2.800 a	2.606	2.009	2.483
Sistema IV: Soja após trigo	2.460	2.429 ab	2.641	1.991	3.274
Sistema V: soja após aveia branca	2.411	1.594 c	2.558	2.024	2.931
soja após trigo	2.539	2.575 ab	2.708	2.226	2.870
Sistema VI: soja após aveia branca	2.571	1.506 c	2.685	1.843	2.897
soja após trigo	2.335	2.847 a	2.643	2.126	3.127
Média	2.479	2.308	2.628	2.043	2.912
CV (%)	14	15	8	16	12
F tratamentos	0,79 ns	8,08 **	0,27 ns	0,50 ns	2,00 ns

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Sistema de produção	Ano			Média
	00/01	01/02	02/03	
	-----kg/ha-----			
Sistema I: soja após trigo	3.025	2.350	3.505	2.695 ab
Sistema II: soja após trigo	2.993	2.257	3.291	2.598 abc
Sistema III: soja após trigo	3.451	2.149	3.662	2.685 ab
Sistema IV: Soja após trigo	3.300	2.355	3.508	2.745 a
Sistema V: soja após aveia branca	3.248	1.810	3.526	2.513 bc
soja após trigo	3.198	2.258	3.681	2.757 a
Sistema VI: soja após aveia branca	2.928	1.953	3.241	2.453 c
soja após trigo	3.157	2.336	3.529	2.763 a
Média	3.162	2.183	3.493	2.651
CV (%)	8	17	8	-
F tratamentos	01,79 ns	1,24 ns	1,33 ns	2,27 *

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

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

ns = não significativo; e ** = nível de significância de 1%.

Tabela 6. Efeitos de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão na estatura de plantas de soja, de 1995/96 a 2002/03, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano				
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00
Sistema I: soja após trigo	69,30	71,80 ab	87,12	85,00	74,00
Sistema II: soja após trigo	68,62	71,45 ab	86,90	83,00	75,25
Sistema III: soja após trigo	75,60	73,66 ab	88,10	82,50	70,75
Sistema IV: Soja após trigo	73,94	72,66 ab	89,92	88,00	75,00
Sistema V: soja após aveia branca	74,16	62,65 bc	85,80	81,50	71,75
soja após trigo	72,98	75,91 a	88,98	83,75	71,75
Sistema VI: soja após aveia branca	72,58	54,59 c	85,82	77,00	74,00
soja após trigo	70,97	75,51 a	87,33	82,00	73,25
Média	72,27	69,79	87,50	82,84	73,22
CV (%)	8	11	6	6	9
F tratamentos	0,7 ns	3,6 *	0,3 ns	1,4 ns	0,3 ns

Continua...

Tabela 6. Continuação

Sistema de produção	Ano			Média
	00/01	01/02	02/03	
	-----cm/planta			
Sistema I: soja após trigo	92,73	94,46	107,25	85,21 ab
Sistema II: soja após trigo	91,16	92,63	100,50	83,69 abc
Sistema III: soja após trigo	94,83	96,43	98,50	85,05 ab
Sistema IV: Soja após trigo	92,91	94,86	102,50	86,22 a
Sistema V: soja após aveia branca soja após trigo	95,07	81,91	104,75	82,20 bc
Sistema VI: soja após aveia branca soja após trigo	94,35	97,65	105,00	86,30 a
	93,06	84,19	100,42	80,21 c
	91,33	89,49	104,75	84,33 ab
Média	93,18	91,45	102,96	84,15
CV (%)	3	11	7	
F tratamentos	0,9 ns	1,22 ns	0,8 ns	2,87 *

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

Médias seguidas de 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%.

Tabela 7. Quantidade de resíduo remanescente de espécies de inverno, em sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, de 1995/96 a 2002/03, Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano				
	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00
			t/ha		
Sistema I: trigo	2,17	2,92 bc	2,15	2,99	5,64 ab
Sistema II: trigo	2,24	3,00 bc	2,70	3,54	5,78 ab
Sistema III: trigo	2,21	3,12 b	2,60	3,53	4,46 bc
Sistema IV: trigo	2,08	2,50 c	2,90	3,16	3,89 c
Sistema V: aveia branca	1,94	4,70 a	3,03	3,04	5,29 abc
trigo	1,98	2,80 bc	2,78	3,02	4,07 c
Sistema VI: aveia branca	2,22	4,45 a	2,95	3,41	6,22 a
trigo	2,17	2,67 bc	1,85	3,15	4,94 abc
Média	2,12	3,27	2,62	3,23	5,04
CV (%)	18	12	26	18	20
F tratamentos	0,4 ns	17,3 **	1,5 ns	0,6 ns	2,9 *

Continua...

Tabela 7. Continuação

Sistema de produção	Ano			Média
	00/01	01/02	02/03	
	t/ha			
Sistema I: trigo	2,71	6,75	6,15	3,94 bc
Sistema II: trigo	2,53	5,85	7,32	4,12 abc
Sistema III: trigo	2,36	6,01	6,77	3,88 bc
Sistema IV: trigo	2,29	5,93	6,50	3,66 c
Sistema V: aveia branca trigo	2,23	6,33	7,76	4,29 ab
	2,52	5,94	7,46	3,82 bc
Sistema VI: aveia branca trigo	2,21	6,79	8,01	4,53 a
	2,73	5,44	6,52	3,68 c
Média	2,45	6,12	7,06	3,99
CV (%)	15	17	19	-
F tratamentos	1,2 ns	0,8 ns	1,0 ns	3,2 *

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

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

ns = não significativo; e * = nível de significância de 5%.

No período de 1995/96 a 2002/03, houve diferenças significativas entre as médias de estatura de plantas e rendimento de grãos de soja e quantidade de resíduo cultural remanescente de espécies de inverno para o fator ano ($P > 0,01$), indicando que essas características foram afetadas por variações climáticas ocorridas entre os anos. O tipo de cultura antecessora, nesse período de estudo, promoveu diferenças ($F > 0,05$) no rendimento de grãos e na estatura de plantas de soja.

Na análise anual dos dados, observou-se diferença significativa no rendimento de grãos e na estatura de plantas de soja, associada à cultura antecessora, apenas na safra 1996/97 (tabelas 5 e 6). Na referida safra, o rendimento de grãos de soja cultivada após trigo, nos Sistemas VI, III, V, I e IV, foi mais elevado que o de soja cultivada após aveia branca, tanto no Sistema V como no Sistema VI. Contudo, os últimos três sistemas não diferiram quanto ao rendimento de grãos de soja cultivada após trigo, em comparação ao Sistema II. Soja cultivada após aveia branca apresentou menor rendimento de grãos e tendência de menor estatura de plantas comparativamente à maioria dos tratamentos com soja em resteva de trigo.

A quantidade de resíduo remanescente das culturas produtoras de grãos colhidas no inverno de 1996 (Tabela 7), principalmente de aveia branca (4,45 a 4,70 t de matéria seca/ha), foi superior à de trigo (2,50 a 3,12 t de matéria seca/ha). Plantas voluntárias de aveia branca emergidas juntamente com a cultura podem ter reduzido o rendimento de grãos de soja. Nesse caso específico,

observou-se que a soja após essa gramínea mostrou, ao longo do ciclo, menor estatura de plantas e folhas de coloração verde menos intensa, em relação aos demais tratamentos com essa leguminosa. Esse efeito pode ser decorrência, pelo menos parcialmente, da elevada relação C:N (Aita et al., 2001) da palhada remanescente de aveia branca, a qual provoca competição entre a aveia branca e a leguminosa pelos recursos do ambiente, pois no resíduo remanescente de aveia existem diversos compostos com propriedades alelopáticas (Rice, 1984). Deve ser levado em consideração que a soja foi inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*.

De acordo com Rice (1984), a aveia preta possui dois compostos alelopáticos nos exsudatos de raízes, que são a escopoletina e o ácido vanílico. Grande parte desses compostos secundários pode ter sido liberada por ocasião da decomposição dos resíduos culturais de aveia. Esse efeito pode ser positivo no controle de plantas daninhas quando se usa a aveia preta como cobertura de solo.

A introdução do cultivo de soja, a partir de 1995, mostrou diferença significativa entre as médias de rendimento de grãos de soja, para comparação dos resultados entre sistemas, somente na safra agrícola 1996/97. Porém, na média das oito safras agrícolas, houve diferenças significativas entre os sistemas estudados, na análise conjunta de 1995/96 a 2002/03.

Na análise conjunta desse período de estudo, soja cultivada após trigo e rotação com milho, nos Sistemas VI,

V e IV, apresentou rendimento de grãos mais elevado que o de soja cultivada após aveia branca (Tabela 5). Entretanto, soja cultivada nos Sistemas I, III e II foi estatisticamente igual ao rendimento de grãos de soja cultivada após aveia branca, no Sistema V. Por sua vez, soja cultivada após aveia branca, no Sistema VI, não diferiu de soja cultivada após trigo, no Sistema II. No conjunto de oito safras do período de estudo, soja cultivada após aveia branca, no Sistema VI, mostrou o menor rendimento de grãos em valor absoluto. De maneira geral, o rendimento de grãos de soja foi maior após trigo, em relação à cultivada após aveia branca. Porém deve ser levado em conta que soja após aveia branca sempre foi cultivada por dois anos consecutivos na mesma área.

Na média das oito safras, soja cultivada após trigo, nos Sistemas V, IV, I, III e VI, apresentou estatura de plantas mais elevada (Tabela 6), em relação à de soja cultivada após aveia branca, no Sistema VI. Contudo, a estatura de soja cultivada nos Sistemas I, II, III e VI não diferiu significativamente da de soja cultivada após aveia branca, no Sistema V.

Na média dos anos de 1995 a 2002, a quantidade de resíduo cultural remanescente de espécies de inverno foi mais elevada na cultura de aveia branca, nos Sistemas VI e V (Tabela 7). Entretanto, este último tratamento foi semelhante estatisticamente à quantidade de resíduo cultural remanescente de trigo, nos Sistemas II, I, III e V. Tem sido observado, neste e em outros trabalhos desenvolvidos na Embrapa Trigo, que a quantidade de palhada remanescente de aveia branca destinada à pro-

dução de grãos tem sido maior que a de trigo. Em condições de lavouras comerciais isso também pode estar ocorrendo.

Quando soja se semear imediatamente sobre essa palhada, podem ocorrer problemas relativos à alelopatia, o que é difícil de ser verificado em nível de lavoura, pois ocorreria em áreas relativamente grandes e sem possibilidade de comparação com palhadas remanescentes de outras culturas, como a de trigo. Ademais, a palhada remanescente de aveia preta tem sido ainda maior do que a de aveia branca, porém a primeira palhada é manejada com alguma antecedência, ou seja, com rolo faca ou com dessecante, antes de completar o florescimento.

Rendimento de grãos de trigo

Nos anos e na média conjunta dos anos de 1995 a 2002, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as médias para rendimento de grãos de trigo (Tabela 8). Em 1995, 1997 e 1998, o rendimento de grãos foi relativamente baixo, em razão de ocorrência de granizo, infestação de plantas daninhas e, principalmente, de ferrugem da folha (*Puccinia coronata f.sp. avenae*) em trigo. No ano de 1999, o trigo expressou melhor seu potencial de rendimento de grãos, em virtude de as condições climáticas terem sido favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Em 2000 e 2001, as parcelas de trigo foram dizimadas por incidência de giberela (*Gibberella zeae*) e por granizo, respectivamente.

Tabela 8. Efeito de sistemas de produção de grãos integrando pastagens anuais de inverno e de verão no rendimento de grãos de trigo, sob plantio direto, de 1995 a 2002. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
 kg/ha					
Sistema I	1.990	2.289	1.633	1.962	3.509	2.289
Sistema II	1.734	2.333	1.605	1.984	3.630	2.247
Sistema III	1.909	2.470	1.809	2.136	3.120	2.352
Sistema IV	1.863	1.956	1.702	2.041	3.656	2.242
Sistema V	1.901	2.173	1.430	2.103	3.353	2.212
Sistema VI	1.692	2.116	1.721	1.895	3.511	2.412
Média	1.848	2.223	1.650	2.020	3.463	2.308
CV (%)	12	13	17	11	13	7
F tratamentos	1,0 ns	1,6ns	0,8ns	0,7ns	0,8 ns	0,7 ns

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.
ns: não significativo.

Desempenho de bovinos em pastagens anuais de inverno e de verão

O desempenho do gado bovino em pastagem de aveia preta + ervilhaca ou aveia preta + ervilhaca + azevém, no inverno, variou de 218 a 515 kg de ganho de peso animal (Tabela 9), enquanto em milho, no verão, oscilou de 160 a 631 kg de ganho de peso animal (Tabela 10). Para as pastagens anuais de inverno, houve diferença significativa entre as médias somente nos anos de 1998, 1999 e 2000. Em 1998, os tratamentos que foram pastejados três vezes (aveia preta + ervilhaca + azevém) apresentaram ganho de peso animal mais elevado do que os que foram pastejados somente duas vezes (aveia preta + ervilhaca). Nos anos de 1999 e 2000, apesar de haver diferença entre os tratamentos, foram realizados somente dois pastejos em todos os tratamentos estudados, em razão da estiagem que ocorreu durante o período de crescimento e desenvolvimento das pastagens. Em 1995, adotou-se o mesmo procedimento de 1998, porém não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a pastagem de milho, no verão, houve diferença significativa entre os sistemas somente em 1995 (Tabela 10). Nesse ano, o tratamento que foi pastejado por quatro vezes (Sistemas III e V) apresentou maior valor para ganho de peso animal, em comparação com o tratamento que foi pastejado por três vezes (Sistemas IV e VI). Em razão disso, as médias conjuntas de 1995 a 2002, no inverno, ou de 1995/96 a 2002/03, no verão, não apresentaram diferenças significativas entre o ganho de peso animal (tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno no ganho de peso animal, de 1995 a 2002, sob plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano						Média	
	1995	1996	1997	1998	1999	2000		2001
 kg/ha							
Sistema I								
Ap + E	428	337	262	256b	408a	402b	334	301
Sistema II								
Ap + E + Az	383	334	231	405a	422a	420b	362	299
Sistema III								
Ap + E	390	334	250	239b	354b	515a	364	347
Sistema IV								
Ap + E + Az	446	310	243	441a	391ab	446b	360	328
Sistema V								
Ap + E	358	347	245	218b	353b	440b	374	342
Sistema VI								
Ap + E + Az	396	306	238	435a	407a	417b	366	367
Média	400	328	245	332	389	439	360	330
CV (%)	11	15	11	12	8	9	23	18
F tratamentos	2,0ns	0,4ns	0,6ns	26**	3,2*	4,6**	0,1ns	0,8ns

Ganho de peso animal. Cada kg de ganho de peso animal na Ap + E equivale a 10 kg de forragem seca.

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/pastagem de milho.

Ap: aveia preta; E: ervilhaca; e Az: avezém.

Médias seguidas de 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%; e ** = nível de significância de 1%.

Tabela 10. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo milheto, no verão no ganho de peso animal, de 1995 a 2002, sob plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano						Média		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000		2001	2002
 kg/ha								
Sistema III									
Milheto	428a	534	631	419	169	480	673	520	482
Sistema IV									
Milheto	319b	559	546	350	166	487	633	444	438
Sistema V									
Milheto	433a	553	610	521	189	386	626	532	481
Sistema VI									
Milheto	284b	534	532	393	160	386	631	547	433
Média	366	545	580	420	171	434	641	511	459
CV (%)	13	9	14	19	12	20	15	18	-
F tratamentos	10**	0,3ns	1,3ns	3,2ns	1,4ns	1,7ns	0,2ns	1,0ns	2,8ns

Ganho de peso animal. Cada kg de ganho de peso animal no milheto equivale a 15 kg de forragem seca.

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milheto; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto.

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

ns: não significativo e ** = nível de significância de 1%.

No Sistema I, inicialmente foi programado efetuar dois pastejos no inverno e, depois, semear o milho na época preferencial. No Sistema II, planejara-se efetuar três pastejos, no inverno, e semear o milho após a época preferencial. Porém, dos oito anos de estudo, somente em dois foi possível proceder dessa forma (1995 e 1998). Nos demais anos, ou houve excesso de precipitação pluvial ou períodos de estiagem, que não permitiram realizar o programado. Nos Sistemas III, IV, V e VI havia o milheto como pastagem de verão. Nos sistemas III e V foram programados dois pastejos, no inverno, e quatro pastejos, no verão. Nos Sistemas IV e VI, três pastejos, tanto no inverno como no verão. Isso só foi possível realizar em 1995 e 1998.

Apesar disso, houve, tanto no inverno como no verão, disponibilidade de forragem para engorda de bovinos. Dessa maneira, a integração da lavoura com a pecuária pode eliminar o pousio de inverno, bem como ofertar forragem em quantidade e valor nutritivo no verão, sem comprometer a produção de grãos.

Fertilidade do solo

Em abril de 2001, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas (duas subamostras por parcela), nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. Na floresta subtropical, adjacente à área do ensaio, foram também coletadas amostras de solo, nas mesmas profundidades, em quatro repetições.

As análises (pH em água, P, K, matéria orgânica, Al e Ca + Mg) seguiram os métodos descritos por Tedesco et al. (1985).

pH do solo

O pH do solo (Tabela 11), nas três primeiras camadas estudadas e nos sistemas de produção mistos, mostrou valores menores, em comparação ao observado antes da instalação do experimento, após seis anos de cultivo, cujos valores foram 0-5 cm: 5,58; 5-10 cm: 5,65; e 10-15 cm: 5,51. Como o calcário foi aplicado cinco anos antes da instalação do experimento, baseado no método SMP (pH 6,0), isso indica que houve acidificação, principalmente na camada superficial do solo. Em todos os sistemas de produção mistos houve perda gradual do efeito residual da calagem efetuada, em relação ao início do estabelecimento desse experimento. Em todos os sistemas de produção mistos houve acidificação da camada 0-5 cm, necessitando reaplicação de calcário após onze anos, para possibilitar o cultivo eficiente de leguminosas (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995). Entre os sistemas de produção mistos, houve diferença para valor de pH do solo somente na camada 5-10 cm, na qual o Sistema II apresentou pH maior que o verificado no Sistema III. Por sua vez, todos os sistemas de produção mistos, em todas as profundidades, apresentaram diferença para valor de pH, em relação à floresta subtropical, que apresenta a condição original de fertilidade do solo. Na camada 0-5 cm, o valor de pH da

floresta subtropical foi superior ao dos sistemas de produção mistos, enquanto, nas camadas 10-15 cm e 15-20 cm, foram inferiores. Era de se esperar que a floresta subtropical apresentasse pH menor que os obtidos nos sistemas de produção mistos, pois estes receberam calagem e adubação. Em todos os sistemas de produção mistos e na floresta subtropical foram verificadas diferenças no valor de pH de solo entre as profundidades de amostragem estudadas. O valor de pH dos sistemas de produção mistos aumentou da camada 0-5 cm (de 4,86 a 4,93) para a camada 10-15 cm (de 5,18 a 5,43), enquanto para floresta subtropical ocorreu o inverso (5,45 para 5,03, respectivamente). Além disso, a floresta subtropical continuou apresentando redução no valor de pH até a camada 15-20 cm. Provavelmente, deve estar ocorrendo acúmulo de bases (cálcio + magnésio e potássio) que estão sendo carregadas pelas enxurradas da área do próprio experimento e de lavouras das redondezas, em razão de a floresta subtropical estar localizada paralelamente e no terço inferior da coxilha. Isso pode explicar o maior valor de pH da floresta subtropical. Entre as camadas 10-15 cm e 15-20 cm, não houve diferença do valor de pH para os sistemas de produção mistos e a floresta subtropical.

Alumínio trocável do solo

O valor de Al trocável de solo (Tabela 12), nas duas primeiras camadas estudadas e em todos os sistemas de produção mistos, foi mais elevado que o verificado

seis anos após a instalação do experimento, cujos valores foram 0-5 cm: 1,00 e 5-10 cm: 1,13 mmolc/dm³. O aumento no teor de Al é consequência da acidificação. Houve diferença no Al trocável entre as profundidades de amostragem estudadas, para alguns sistemas de produção mistos. Nas camadas 5-10 cm e 10-15 cm, o Sistema I apresentou maior valor de Al trocável de solo que o Sistema II. Por sua vez, a floresta subtropical apresentou menor valor de Al trocável, em comparação ao Sistema I, na camada 0-5 cm, enquanto, na camada 10-15 cm, esse valor foi maior para a floresta subtropical, em relação aos Sistemas II, III, IV, V e VI. Além disso, a floresta subtropical foi superior ao Sistema II para o valor de Al trocável, na camada 15-20 cm. Na maioria dos sistemas de produção mistos foi verificada diferença no nível de Al trocável do solo entre as profundidades de amostragem de solo. Todavia, o Sistema III não diferiu entre as profundidades de amostragem. No Sistema I e na floresta subtropical, o teor de Al trocável aumentou da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Nos Sistemas IV e VI isso não ficou bem definido, pois o valor de Al trocável, da camada 0-5 cm para as camadas 5-10 cm e 10-15 cm, primeiro diminuiu e depois aumentou, até a camada 15-20 cm.

Cálcio + magnésio trocáveis do solo

Os teores de Ca + Mg trocáveis de solo (Tabela 13), em todas as camadas e em todos os sistemas de produção mistos, estão acima do considerado necessário para o

crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais da região (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995). Entretanto, esses valores, nas duas primeiras camadas, foram menores que o observado seis anos após a instalação do experimento, cujos valores foram 0-5 cm: 93 e 5-10 cm: 94 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$. A acidez do solo da área experimental havia sido corrigida com calcário dolomítico antes do início do referido experimento. A aplicação de calcário dolomítico forneceu Ca e Mg em quantidades adequadas para que ultrapassassem o nível crítico exigido pelas espécies vegetais dos sistemas de produção mistos, que são 40 e 10 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$ (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995). Entre os sistemas de produção mistos não houve diferença quanto aos teores de Ca + Mg trocáveis do solo, em todas as profundidades de amostragem. Porém a floresta subtropical apresentou valores de Ca + Mg trocáveis maiores que os dos sistemas de produção mistos, para a camada 0-5 cm, enquanto, para as camadas 10-15 cm e 15-20 cm, ocorreu o contrário. Era de se esperar que, na primeira camada, a floresta subtropical (123 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$) mostrasse valores de Ca + Mg trocáveis menores que os dos sistemas de produção mistos (69 a 72 $\text{mmol}_c/\text{dm}^3$). Para os sistemas de produção mistos, houve diferença entre todas as profundidades de amostragem quanto aos teores de Ca + Mg trocáveis de solo. Os teores de Ca + Mg trocáveis aumentaram, da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, no Sistema II enquanto para a floresta subtropical ocorreu o inverso. Nos Sistemas IV e VI, depois de aumentarem, da camada 0-5 cm para camada 10-15 cm, os teores de Ca + Mg trocáveis voltaram a

diminuir, na camada 15-20 cm, em relação à primeira camada estudada. Os valores maiores de Ca + Mg trocáveis, na primeira camada da floresta subtropical, podem estar relacionados ao acúmulo de bases (cálcio + magnésio e potássio), decorrente do carreamento desses elementos químicos por enxurradas, da área do próprio experimento e de lavouras das redondezas, em virtude de a floresta subtropical estar localizada ao lado e no terço inferior da área experimental. Para o Sistema III não foi encontrada diferença entre profundidades de amostragem e teores de Ca + Mg trocáveis. Os valores de Ca + Mg trocáveis do Sistema II foram semelhantes ao obtido para pH.

Matéria orgânica do solo

O nível de matéria orgânica do solo (Tabela 14), em todas as camadas e em todos os sistemas de produção mistos, foi igual ou superior ao nível registrado seis anos após da instalação do experimento, cujos valores foram 0-5 cm: 41 g/dm³; 5-10 cm: 36 g/dm³; 10-15 cm: 33 g/dm³; e 15-20 cm: 32 g/dm³. Nos sistemas de produção mistos, em todas as camadas de amostragem, não houve diferença significativa entre o nível médio de matéria orgânica. Porém o nível de matéria orgânica da floresta subtropical, na camada 5-10 cm (44 g/dm³), foi superior ao dos Sistemas IV (37 g/dm³), V (36 g/dm³) e VI (37 g/dm³). Por sua vez, na camada 15-20 cm, em todos os sistemas de produção mistos, ocorreu maior

nível de matéria orgânica que na floresta subtropical. Houve, em todos os sistemas de produção mistos, acúmulo de matéria orgânica nas camadas próximas à superfície do solo. Foram observadas diferenças no nível de matéria orgânica em todas as profundidades de amostragem de solo, em todos os sistemas de produção mistos e na floresta subtropical. O nível de matéria orgânica diminuiu da camada superficial para as camadas mais profundas entre todos os sistemas de produção mistos e a floresta subtropical. Em todos os sistemas de produção mistos, o valor de matéria orgânica, na camada 0-5 cm, foi 1,5 a 2,2 vezes maior que o nível registrado na camada 15-20 cm.

Fósforo extraível do solo

O teor de P extraível de solo, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm (Tabela 15), em todos os sistemas de produção mistos, foi superior ao valor considerado crítico (9,0 mg/kg) nesse tipo de solo para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995). O teor de P extraível, observado em 2001, em três das quatro camadas estudadas e em todos os sistemas de produção mistos, foi mais elevado que o teor avaliado seis anos após da instalação do experimento, cujos valores foram 0-5 cm: 13,7, mg/kg; 5-10 cm: 10,5 mg/kg; e 15-20 cm: 3,8 mg/kg. A rotação de culturas tem importante papel na ciclagem de nutrientes, uma vez que as espécies vegetais diferem entre si no que se refere à quantidade e à qualidade de resídu-

os fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo pelo sistema radicular. Em algumas profundidades de amostragem, houve diferenças entre os sistemas de produção mistos para o valor de P extraível do solo. O Sistema III foi superior aos Sistemas II, V e VI para teor de P extraível, na camada 5-10 cm. Além disso, o Sistema III mostrou maior teor de P extraível que o Sistema V, na camada 10-15 cm. Ademais, na maioria das profundidades estudadas, os sistemas de produção mistos apresentaram maior valor de P extraível, em relação à floresta subtropical. Os sistemas de produção mistos e a floresta subtropical diferiram significativamente quanto ao teor de P extraível, em todas as profundidades de amostragem. O valor de P extraível, em todos os sistemas de produção mistos, na camada 0-5 cm foram, 4,2 e 6,8 vezes maiores que o teor verificado na camada 15-20 cm.

Potássio trocável do solo

O teor de K trocável de solo verificado nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm (Tabela 16), em todos os sistemas de produção mistos e na floresta subtropical, foi superior ao valor considerado crítico (80 mg/kg) para o crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995). Além disso, o teor de K observado em 2001, em todas as camadas de solo e em todos os sistemas de produção mistos, manteve-se acima do teor encontrado seis anos após a instalação do experimento, cujos valores foram 0-5 cm:

158; 5-10 cm: 77; 10-15 cm: 51; e 15-20 cm: 36 mg/kg. Para os sistemas de produção mistos e para a floresta subtropical, não houve diferenças significativas entre o teor de K trocável. Além disso, a floresta subtropical tendeu a apresentar teor de K trocável relativamente elevado, principalmente nas duas primeiras camadas avaliadas. Houve diferenças significativas em teor de K trocável entre todas as profundidades de amostragem de solo de todos os sistemas de produção mistos e a floresta subtropical. A exemplo do verificado com P extraível, também houve acúmulo de K trocável na camada próxima à superfície nos sistemas mistos. O teor de K trocável, na camada 0-5 cm, foi 3,2 a 5,9 vezes maior que a concentração observada na camada 15-20 cm. Acúmulo semelhante de K trocável, na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, foi como o verificado para Ca + Mg trocáveis, ou seja, o valor maior de K trocável, nas duas primeiras camadas da floresta subtropical, pode estar relacionado ao acúmulo de bases (Ca + Mg e K), decorrente do carreamento desses elementos químico, por enxurradas, da área do próprio experimento e de lavouras das redondezas, em razão de a floresta subtropical estar localizada ao lado e no terço inferior da área experimental. Nos sistemas conservacionistas, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura e, além disso, os resíduos vegetais são deixados na superfície, o que faz com que esse elemento se acumule nas camadas mais superficiais do solo. Os resultados observados indicam que poderá haver redução na quantidade de fertilizantes à base de P e de K aplicados no plantio direto.

Tabela 11. Valores de pH em água, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5			5-10			10-15			15-20		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	----- pH (1:1) -----											
I	4,89	5,09	5,18	5,06	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
II	4,93	5,25	5,43	5,25	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
III	4,86	5,03	5,29	5,25	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
IV	4,89	5,13	5,19	5,09	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
V	4,88	5,14	5,21	5,05	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
VI	4,92	5,13	5,18	5,03	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
Floresta	5,45	5,15	5,03	4,85	*	**	**	**	*	*	*	ns
Contraste entre sistemas												
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	-	-	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 11. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)															
	0-5		5-10		10-15		15-20		0-5		5-10		10-15		15-20	
	x		x		x		x		x		x		x		x	
Contraste entre sistemas																
I x floresta	**	**	**	**	**	**	*									
II x III	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns									
II x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
II x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
II x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
II x floresta	**	*	**	**	**	*	*									
III x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
III x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
III x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
III x floresta	**	**	**	*	*	*	**									
IV x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
IV x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
IV x floresta	**	**	**	*	*	*	*									
V x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
V x floresta	**	*	**	*	*	*	*									
VI x floresta	**	*	**	*	*	*	*									

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 12. Valores de alumínio trocável, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-200-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15	10-15	15-20	15-20
					x	x	x	x	x	x	x	x
					5-10	10-15	15-20	15-20	10-15	10-15	15-20	15-20
	----- Al (mmolc dm ⁻³) -----											
I	3,35	4,23	4,53	7,10	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
II	2,81	1,28	0,44	2,94	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
III	3,11	2,56	1,65	4,15	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV	2,20	2,08	2,09	4,90	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**
V	2,98	1,98	2,12	5,22	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
VI	2,49	2,19	2,70	6,63	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**
Floresta	1,05	3,28	6,53	9,58	ns	**	**	ns	ns	**	**	ns
	----- Contraste entre profundidades (P > F) -----											
	Contraste entre sistemas											
I x II	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	-	-	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5		5-10		10-15		15-20	
					x	x	x	x	x	x	x	x
Contraste entre sistemas												
I x floresta	*	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x III	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x floresta	ns	ns	**	*	-	-	-	-	-	-	-	-
III x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x floresta	ns	ns	**	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x floresta	ns	ns	*	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x floresta	ns	ns	*	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
VI x floresta	ns	ns	*	ns	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 13. Valores de cálcio + magnésio trocáveis, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)															
	0-5		5-10		10-15		15-20		0-5		5-10		10-15		15-20	
	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	10-15
	-- Ca + Mg (mmol _c /dm ³) --															
I	69	71	68	60	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
II	71	80	82	67	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
III	70	72	78	68	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV	72	73	72	62	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
V	71	77	77	61	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
VI	72	75	69	60	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
Floresta	123	76	59	33	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
	Constraste entre profundidades (P > F) --															
	Constraste entre sistemas															
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 13. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5		5-10		10-15		15-20	
					x	x	x	x	x	x	x	x
Contraste entre sistemas												
I x floresta	**	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
II x III	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x floresta	**	ns	*	**	-	-	-	-	-	-	-	-
III x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x floresta	**	ns	*	**	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x floresta	**	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
V x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x floresta	**	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
VI x floresta	**	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 14. Valores de matéria orgânica, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes Sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5			5-10			10-15			15-20		
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
I	48	38	33	32	**	**	**	**	**	**	ns	ns
II	47	38	34	32	**	**	**	**	**	**	*	ns
III	48	41	35	32	*	**	**	**	**	**	*	ns
IV	48	37	33	31	**	**	**	**	**	**	ns	ns
V	48	36	33	32	**	**	**	**	**	**	*	ns
VI	46	37	33	31	**	**	**	**	**	**	**	ns
Floresta	64	44	39	29	**	*	**	**	**	ns	ns	ns
Contraste entre sistemas												
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	-	-	-	-	-	-	-	-

— — Matéria orgânica (g/dm³) — — — — — Contraste entre profundidades (P > F) — — —

Continua...

Tabela 14. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I x floresta	ns	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
II x III	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x floresta	ns	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
III x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x floresta	ns	ns	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x floresta	ns	*	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
V x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x floresta	ns	*	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-
VI x floresta	ns	*	ns	**	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 15. Valores de fósforo extraível, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)															
	0-5		5-10		10-15		15-20		0-5		5-10		10-15		15-20	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I	22,1	14,4	8,6	5,3	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	ns
II	22,1	13,3	6,5	4,1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
III	27,5	20,5	8,9	5,4	ns	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	ns
IV	27,0	17,2	8,1	4,5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
V	28,7	12,9	5,5	4,2	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	ns
VI	23,5	13,8	7,3	4,5	**	**	**	**	**	**	*	**	*	**	**	ns
Floresta	3,4	2,4	2,4	1,9	*	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
Contraste entre sistemas																
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 15. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)															
	0-5		5-10		10-15		15-20		0-5		5-10		10-15		15-20	
	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	15-20
Contraste entre sistemas																
I x floresta	**	**				**										
II x III	ns	*	ns	ns	ns	ns										
II x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
II x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
II x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
II x floresta	**	*	*	*	*	*										
III x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
III x V	ns	*	*	*	*	*										
III x VI	ns	*	*	*	*	*										
III x floresta	**	**	**	**	**	**										
IV x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
IV x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
IV x floresta	**	**	**	**	**	*										
V x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
V x floresta	**	*	*	*	*	*										
VI x floresta	**	**	**	**	**	*										

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + avezém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 16. Valores de potássio trocável, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção mistos.

Sistema de produção	Profundidade (cm)															
	0-5		5-10		10-15		15-20		0-5		5-10		10-15		15-20	
	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	10-15	x	15-20	x	5-10	x	15-20
I	209	115	76	51	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	ns
II	200	111	73	59	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	ns
III	192	131	88	60	*	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns
IV	218	93	56	37	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	ns
V	204	121	67	49	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	ns
VI	179	95	59	43	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
Floresta	207	111	83	44	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	*	ns
Contraste entre sistemas																
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 16. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5		5-10		10-15		15-20	
					x	x	x	x	x	x	x	x
I x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x III	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
II x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x IV	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
III x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x V	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
IV x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x VI	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
V x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
VI x floresta	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-

Contraste entre sistemas

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Física do solo

Em maio de 2000, foram coletadas amostras indeformadas de solo, duas por parcela, nas profundidades 0-10 e 10-15 cm, destinadas às análises físicas de solo. Para análise de densidade de solo, foi usado o método do anel volumétrico. A porosidade total foi obtida pela razão entre densidade real e densidade do solo. A microporosidade foi considerada como o conteúdo volumétrico de água, equilibrada na mesa de tensão a 60 cm de coluna de água, e a macroporosidade calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade (Embrapa, 1997).

Densidade do solo

Os valores de densidade de solo, de porosidade total, de microporosidade, de macroporosidade e de resistência à penetração, avaliados nos sistemas de produção mistos, sob plantio direto, podem ser observados nas tabelas 17 a 21.

Na comparação entre os sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, houve diferença significativa para o valor de densidade de solo somente entre os Sistemas II e V, na camada superficial (Tabela 17). O Sistema V ($1,30 \text{ Mg/m}^3$) apresentou densidade de solo maior que a do Sistema II ($1,23 \text{ Mg/m}^3$), na camada 0-5 cm. Considerando-se que a densidade de solo tem sido um dos parâmetros usados para avaliação

do estado estrutural do solo, as condições verificadas nos sistemas estudados permitem afirmar que não houve indícios de severa compactação de solo, apesar de os valores observados na superfície situaram-se próximos dos valores considerados por Resende (1995) como críticos para latossolos argilosos ($< 1,40$), com grau de saturação hídrica abaixo de 50%. No presente trabalho, 10 a 15 bovinos foram colocados para pastar durante o dia e em solo relativamente seco, consumindo toda a forragem ofertada em um ou dois dias.

Houve diferença significativa na densidade de solo entre as profundidades de amostragem nos dois primeiros sistemas de produção mistos e na floresta subtropical (Tabela 17). A densidade de solo nos Sistemas I (1,27 para 1,34 Mg/m^3) e II (1,23 para 1,31 Mg/m^3) e na floresta subtropical (0,91 para 1,07 Mg m^{-3}) aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. A densidade de solo foi menor na camada 0-5 cm, em relação à camada 10-15 cm, com presença de camada compactada nessa profundidade. Neste estudo, a maior densidade de solo verificada na camada 10-15 cm pode ser atribuída à presença residual de camada compactada resultante de operações anteriores de preparo de solo com aração e gradagem.

Porosidade total

Não houve diferença quanto à porosidade total entre os sistemas de produção mistos (Tabela 18). A floresta

subtropical mostrou maior porosidade total (0,663 e 0,613 m^3/m^3), em relação a todos os sistemas de produção estudados, nas camadas 0-5 e 10-15 cm. Nesse caso, houve redução na macroporosidade de todos os sistemas de produção estudados, em relação à floresta subtropical, circunstância que, por sua vez, refletiu-se significativamente na porosidade total.

Houve diferença significativa na porosidade total entre as profundidades de apenas um sistema de produção misto e na floresta subtropical (Tabela 18). No Sistema II (de 0,535 para 0,504 m^3/m^3) e na floresta subtropical (de 0,663 para 0,613 m^3/m^3), a porosidade total diminui da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm.

Microporosidade

Entre os sistemas de produção mistos, houve diferenças entre as médias para microporosidade (Tabela 19). O Sistema IV (0,410 m^3/M^3) apresentou valor de microporosidade maior do que o do Sistema I (0,389 m^3/m^3), na camada 0-5 cm. Por sua vez, o Sistema VI (0,408 e 0,417 m^3/m^3) apresentou microporosidade maior que a do Sistema I (0,389 e 0,390 m^3/m^3), nas camadas 0-5 cm e 10-15 cm, respectivamente. Além disso, o Sistema V (0,411 m^3/m^3) também mostrou maior valor de microporosidade, em relação ao Sistema I, na camada 10-15 cm. A floresta subtropical mostrou valor de microporosidade maior que os de todos os sistemas de produção estudados, na camada 0-5 cm. Como era de se

esperar, o solo da floresta subtropical ($0,420 \text{ m}^3/\text{m}^3$) possui maior volume de microporos do que o dos sistemas de produção estudados. Ademais, o Sistema II apresentou menor valor de microporosidade, em comparação com os Sistemas III, IV, V e VI, na camada 0-5 cm.

Não houve diferença para valores de microporosidade entre as profundidades de solo dos sistemas de produção mistos. Por sua vez, o valor de microporosidade da floresta subtropical diminuiu da camada 0-5 cm ($0,441 \text{ m}^3/\text{m}^3$) para a camada 10-15 cm ($0,394 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

Macroporosidade

Houve diferenças entre as médias dos sistemas de produção mistos para macroporosidade (Tabela 20). O Sistema II ($0,157 \text{ m}^3/\text{m}^3$) apresentou macroporosidade maior que a dos Sistemas III ($0,116 \text{ m}^3/\text{m}^3$), IV ($0,110 \text{ m}^3/\text{m}^3$), V ($0,102 \text{ m}^3/\text{m}^3$) e VI ($0,105 \text{ m}^3/\text{m}^3$), na camada 0-5 cm. Por sua vez, a floresta subtropical ($0,222$ e $0,220 \text{ m}^3/\text{m}^3$) apresentou macroporosidade superior à de todos os sistemas de produção estudados, nas camadas 0-5 cm e 10-15 cm. Tanto a microporosidade como a macroporosidade foram alteradas, provavelmente pelos sistemas de produção estudados.

Foi verificada diferença de macroporosidade entre profundidades de amostragem de solo em somente um sistema de produção misto. O valor de macroporosidade do Sistema II diminuiu da camada 0-5 cm ($0,157 \text{ m}^3/\text{m}^3$) para a camada 10-15 cm ($0,104 \text{ m}^3/\text{m}^3$).

Tabela 17. Valores de densidade do solo, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em duas camadas e para diferentes sistemas de produção.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre profundidade (P > F)
	0-5	10-15	
	- Densidade de solo (Mg/m ³)-		
Sistema I	1,27	1,34	*
Sistema II	1,23	1,31	*
Sistema III	1,27	1,30	ns
Sistema IV	1,27	1,31	ns
Sistema V	1,30	1,31	ns
Sistema VI	1,28	1,30	ns
Floresta	0,91	1,07	*
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	-
I x III	ns	ns	-
I x IV	ns	ns	-
I x V	ns	ns	-
I x VI	ns	ns	-

Continua...

Tabela 17. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)	
	0-5	10-15
I x floresta	**	**
II x III	ns	ns
II x IV	ns	ns
II x V	*	ns
II x VI	ns	ns
II x floresta	**	**
III x IV	ns	ns
III x V	ns	ns
III x VI	ns	ns
III x floresta	**	**
IV x V	ns	ns
IV x VI	ns	ns
IV x floresta	**	**
V x VI	ns	ns
V x floresta	**	**
VI x floresta	**	**

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 18. Valores de porosidade total, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em duas camadas e para diferentes sistemas de produção.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre profundidade (P > F)
	0-5	10-15	
	Porosidade total (m ³ /m ³)		
Sistema I	0,518	0,496	ns
Sistema II	0,535	0,504	*
Sistema III	0,517	0,512	ns
Sistema IV	0,519	0,504	ns
Sistema V	0,508	0,507	ns
Sistema VI	0,513	0,509	ns
Floresta	0,663	0,613	*
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	-
I x III	ns	ns	-
I x IV	ns	ns	-
I x V	ns	ns	-
I x VI	ns	ns	-

Continua...

Tabela 18. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		
	0-5	10-15	0-5 x 10-15
	Contraste entre sistemas		
I x floresta	**	**	-
II x III	ns	ns	-
II x IV	ns	ns	-
II x V	ns	ns	-
II x VI	ns	ns	-
II x floresta	**	**	-
III x IV	ns	ns	-
III x V	ns	ns	-
III x VI	ns	ns	-
III x floresta	**	**	-
IV x V	ns	ns	-
IV x VI	ns	ns	-
IV x floresta	**	**	-
V x VI	ns	ns	-
V x floresta	**	**	-
VI x floresta	**	**	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 19. Valores de microporosidade, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em duas camadas e para diferentes sistemas de produção.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre profundidade (P > F)
	0-5	10-15	
	Microporosidade (m ³ /m ³)		
Sistema I	0,389	0,390	ns
Sistema II	0,378	0,401	ns
Sistema III	0,401	0,403	ns
Sistema IV	0,410	0,405	ns
Sistema V	0,406	0,411	ns
Sistema VI	0,408	0,417	ns
Floresta	0,441	0,394	**
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	-
I x III	ns	ns	-
I x IV	*	ns	-
I x V	ns	*	-
I x VI	*	**	-

Continua...

Tabela 19. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		
	0-5	10-15	0-5 x 10-15
	Contraste entre sistemas		
I x floresta	**	ns	-
II x III	*	ns	-
II x IV	*	ns	-
II x V	*	ns	-
II x VI	*	ns	-
II x floresta	**	ns	-
III x IV	ns	ns	-
III x V	ns	ns	-
III x VI	ns	ns	-
III x floresta	**	ns	-
IV x V	ns	ns	-
IV x VI	ns	ns	-
IV x floresta	*	ns	-
V x VI	ns	ns	-
V x floresta	**	ns	-
VI x floresta	**	ns	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 20. Valores de macroporosidade, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em duas camadas e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre profundidade (P > F)
	0-5	10-15	
	— Macroporosidade (m ³ /m ³) —		
Sistema I	0,129	0,107	ns
Sistema II	0,157	0,104	*
Sistema III	0,116	0,109	ns
Sistema IV	0,110	0,099	ns
Sistema V	0,102	0,095	ns
Sistema VI	0,105	0,093	ns
Floresta	0,222	0,220	ns
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	-
I x III	ns	ns	-
I x IV	ns	ns	-
I x V	ns	ns	-
I x VI	ns	na	-

Continua...

Tabela 20. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre sistemas
	0-5	10-15	
I x floresta	**	**	
II x III	*	ns	
II x IV	**	ns	
II x V	**	ns	
II x VI	**	ns	
II x floresta	**	**	
III x IV	ns	ns	
III x V	ns	ns	
III x VI	ns	ns	
III x floresta	**	**	
IV x V	ns	ns	
IV x VI	ns	ns	
IV x floresta	**	**	
V x VI	ns	ns	
V x floresta	**	**	
VI x floresta	**	**	

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho; e floresta: floresta subtropical.

Tabela 21. Valores de resistência à penetração, avaliados antes das culturas de inverno de 2001, em duas camadas e para diferentes sistemas de produção.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		Contraste entre profundidade (P > F)
	0-5	10-15	
	Resistência à penetração (kgf/cm ²)		
Sistema I	1,65	2,72	**
Sistema II	1,34	2,78	**
Sistema III	1,95	2,81	ns
Sistema IV	1,76	2,87	*
Sistema V	1,46	2,69	**
Sistema VI	1,60	2,85	**
Floresta	0,83	1,97	**
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	-
I x III	ns	ns	-
I x IV	ns	ns	-
I x V	ns	ns	-
I x VI	ns	ns	-

Continua...

Tabela 21. Continuação.

Sistema de produção	Profundidade (cm)		
	0-5	10-15	0-5 x 10-15
	Contraste entre sistemas		
I x floresta	**	**	-
II x III	*	ns	-
II x IV	ns	ns	-
II x V	ns	ns	-
II x VI	ns	ns	-
II x floresta	ns	**	-
III x IV	ns	ns	-
III x V	*	ns	-
III x VI	ns	ns	-
III x floresta	**	**	-
IV x V	ns	ns	-
IV x VI	ns	ns	-
IV x floresta	**	**	-
V x VI	ns	ns	-
V x floresta	*	**	-
VI x floresta	**	**	-

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; e florsta: floresta subtropical.

Resistência do solo à penetração

Houve diferença entre as médias de resistência do solo à penetração em somente um sistema de produção misto (Tabela 21). O Sistema III ($1,95 \text{ kgf/cm}^2$) mostrou maior resistência à penetração do que o Sistema II ($1,34 \text{ kgf/cm}^2$), na camada 0-5 cm. Porém, o solo da floresta subtropical apresentou menor resistência à penetração, em relação a maioria dos sistemas de produção estudados, nas camadas 0-5 cm e 10-15 cm.

Na maioria dos sistemas de produção mistos e na floresta subtropical, houve diferenças entre as profundidades de solo quanto à resistência à penetração. Nos Sistemas I (de $1,65$ para $2,72 \text{ kgf/cm}^2$), II ($1,34$ para $2,78 \text{ kgf/cm}^2$), IV (de $1,76$ para $2,87 \text{ kgf/cm}^2$), V (de $1,46$ para $2,69 \text{ kgf/cm}^2$) e VI (de $1,60$ para $2,85 \text{ kgf/cm}^2$) e na floresta subtropical (de $0,83$ para $1,97 \text{ kgf/cm}^2$), a resistência à penetração aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm.

Observando os valores de macroporosidade, de porosidade total, de densidade e de resistência do solo à penetração (tabelas 17, 18, 20 e 21), constata-se que a estrutura de solo sofreu alteração, em todos os sistemas de produção estudados, em relação à floresta subtropical. Deve-se levar em consideração que os animais só foram colocados para pastejar quando o solo estava relativamente seco. Esse pastejo ocorreu somente por duas ou três vezes, no inverno, e três ou quatro vezes, no verão, com duração de, no máximo, dois dias cada pastejo e com dez a quinze animais. Além disso, após a retirada

dos animais da área, houve um intervalo de 40-60 dias sem pastejo, visando a permitir rebrote das forrageiras de inverno antes do estabelecimento das culturas de verão.

Conversão energética e balanço energético

Para quantificação dos dados agroenergéticos das culturas ou dos sistemas, usaram-se as matrizes de produção, a partir das quais procedeu-se à transformação para contabilizar energia produzida e consumida no processo. Para cálculo dos diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos de culturas, matéria seca de pastagens e operações de campo, foram utilizados dados e orientações gerados por Pimentel (1980), por Zentner et al. (1984), por Embrapa (1991), por Freitas et al. (1994), por Monegat (1998) e por Santos et al. (2001c). Os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

Como energia produzida ou receita energética (Mcal/ha), considerou-se a transformação do rendimento de grãos, ou da matéria seca, em energia. Como energia consumida ou energia cultural (Mcal/ha), considerou-se a soma dos coeficientes energéticos equivalentes dos insumos (fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, vacina e sal mineral para animais) e das operações (semeadura, adubação, aplicação de produtos, adubação nitrogenada e colheita) envolvidas no processo produtivo. A conversão energética das culturas ou dos siste-

mas estudados resultou da divisão da energia produzida (Mcal/ha) pela consumida (Mcal/ha), em cada cultura ou sistema. O balanço energético das culturas ou dos sistemas estudados resultou da subtração da energia produzida pela energia consumida.

As médias da conversão e do balanço energético, anuais e no conjunto dos anos (1995 a 2000), e as comparações estatísticas através de contrastes, do ganho de peso animal, das culturas de inverno e de verão, dos seis sistemas de produção estudados, podem ser observadas nas tabelas 22 a 25. As análises de variância da conversão e do balanço energético do conjunto de seis anos apresentaram efeito significativo para anos, para culturas e para a interação anos x culturas. Nessas tabelas são apresentados resultados sobre conversão energética e balanço energético.

Quanto à conversão energética isolada do ganho de peso animal, das culturas de inverno e de verão, dos seis sistemas de produção estudados, houve diferenças significativas entre as médias de cada ano e na média dos anos. Na média dos anos, entre as culturas de inverno, a aveia branca (4,07) foi a mais eficiente na conversão de energia (Tabela 22). Por sua vez, a cultura de trigo (3,48) situou-se logo abaixo da aveia branca e foi superior às demais espécies de inverno. Considerando-se tanto as culturas de inverno como as de verão, milho (8,22) foi superior a todas as espécies estudadas, para conversão energética por hectare. A cultura de soja (5,45), por sua vez, apresentou valores para conversão logo abaixo dos de milho e mais elevados dos que os das culturas de

inverno. As pastagens de aveia preta + ervilhaca (0,77) e aveia preta + ervilhaca + azevém (0,65) não diferiram entre si, para conversão energética. Por sua vez, a pastagem de milho (0,90) foi superior à de aveia preta + ervilhaca + azevém. Nesse período de estudo e na maioria dos anos, os índices das pastagens de inverno e de verão foram inferiores à unidade (1,0), significando que, nesses casos, eles foram conversores negativos de energia. De modo geral, os índices positivos de conversão de energia estão diretamente relacionados à produção de grãos, como foi o caso de aveia branca, de milho, soja e trigo. A agregação da energia relacionada à venda da carne, depois do abate dos animais, aos índices energéticos das pastagens eventualmente poderia alterar algum desses resultados. Porém, é preferível a análise dos sistemas de produção, em vez de analisar as culturas isoladamente (Tabela 23).

Em todos os anos estudados, os sistemas diferiram significativamente entre si quanto à conversão anual (inverno + verão) e à média dos anos. Na média dos anos, os Sistemas I (4,93) e II (4,74) foram os mais eficientes energeticamente. A razão dessa diferença a favor desses sistemas, em relação aos demais Sistemas estudados (III, IV, V e VI), é a presença, nesses sistemas, da cultura de milho, que foi a mais eficiente energeticamente (Tabela 22). Isso, por sua vez, repercutiu diretamente na conversão energética dos sistemas. Além disso, os Sistemas III (2,65) e IV (2,60) foram inferiores aos Sistemas V (3,26) e VI (3,17), para conversão energética, enquanto os Siste-

mas I x II e III x IV não diferiram entre si.

Neste estudo, todos os sistemas considerados foram superiores à unidade (1,0), significando que todos eles são conversores positivos de energia, produzindo 2,27 a 5,25 vezes mais energia do que a energia não renovável consumida.

Para balanço energético, das culturas de inverno e de verão, isolado do ganho de peso animal, nos seis sistemas de produção estudados, houve diferenças significativas entre as médias e nas médias dos anos (Tabela 24). Na média dos anos, entre as culturas de inverno, a aveia branca (6.451 Mcal/ha) foi a cultura mais eficiente na conversão de energia. A cultura de trigo (5.501 Mcal/ha) ocupou posição intermediária entre aveia branca e demais espécies de inverno. Por sua vez, milho (21.108 Mcal/ha) apresentou balanço energético superior aos de todas as espécies estudadas. A cultura de soja (8.435 Mcal/ha) apresentou valores superiores para conversão, em relação à aveia branca e ao trigo. Já as pastagens, tanto de inverno como de verão, apresentaram coeficientes negativos para balanço energético: aveia preta + ervilhaca (-392 Mcal/ha), aveia preta + ervilhaca + azevém (-722 Mcal/ha) e milho (-181 Mcal/ha). Não houve diferença significativa entre as pastagens, para balanço energético. As pastagens, isoladamente, mais consumiram energia do que a aportaram ao sistema.

De modo similar à conversão energética, é preferível

analisar o balanço energético na forma de sistemas de produção, em vez de analisar as culturas isoladamente. Em todos os anos estudados, o balanço energético anual (inverno + verão) da maioria dos sistemas diferiu significativamente (Tabela 25). Os Sistemas I (17.279 Mcal/ha) e II (17.318 Mcal/ha) foram energeticamente mais eficientes. A maior diferença do balanço energético desses sistemas, em relação aos demais, deve-se à cultura de milho, que foi a espécie de mais elevado retorno energético. Além disso, os Sistemas V (9.357 Mcal/ha) e VI (9.050 Mcal/ha) foram superiores aos Sistemas III (6.875 Mcal/ha) e IV (6.689 Mcal/ha), para balanço energético. Por sua vez, os Sistemas I x II e III x IV não diferiram entre si, para balanço energético.

No resultado obtido para balanço energético dos sistemas de produção, repetiu-se o desempenho da conversão energética dos Sistemas I e II. Pelo observado neste trabalho, os sistemas estudados apresentaram balanço energético positivo, o que significa que em todos os sistemas a produção de energia superou o consumo de energia. Nesse caso, os sistemas avaliados podem ser considerados como sustentáveis do ponto de vista energético.

Considerando os sistemas de produção do ponto de vista sistêmico, e não as culturas isoladamente, pode-se afirmar que, no conjunto de cada sistema, a tecnologia destinada aos sistemas avaliados, no presente estudo, foi eficiente em termos de conversão e de balanço energético. Em ambos os casos, salientaram-se os Sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia preta +

ervilhaca/milho) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho). Pelo observado, a integração lavoura + pecuária, com culturas anuais de verão, tornou esses sistemas mais eficientes, sem aumentar o consumo de energia não renovável (exemplos: combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, vacina e sal mineral). Além disso, nesse caso, pode-se afirmar que, no tocante ao manejo e à execução deste trabalho, em escala experimental, não ocorreu nenhuma dificuldade em condições de campo.

Objetivou-se desenvolver sistemas mistos para produzir pastagens, tanto de inverno como de verão, para engorda de animais ou para produção de leite. No Sistema I, realizaram-se dois pastejos no inverno e semeou-se milho na melhor época. No sistema II, foram realizados três pastejos no inverno, e milho foi semeado após a época preferencial. Os sistemas III e IV foram semelhantes aos Sistemas I e II, excetuando-se o milheto em lugar de milho. Por sua vez, os Sistemas V e VI foram similares aos Sistemas III e IV, mas, incluindo-se aveia branca e soja, para produção de grãos. Pelos resultados, os sistemas de produção mistos envolvendo a cultura de milho foram os mais eficientes energeticamente. A importância deste trabalho consistiu em estudar sistemas de produção mistos com alternativas, tanto para espécies de inverno (aveia branca, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + ervilhaca + azevém e trigo) como de verão (milho, milheto e soja), integrando lavoura com pecuária, sob sistema plantio direto. Nesse caso, novamente, a rotação de culturas viabilizou o plantio direto.

Tabela 22. Conversão energética do ganho de peso animal e das culturas de inverno e de verão, na média dos anos, de seis sistemas de produção mistos, comparada pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1995 a 2000. Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano						Média
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Ab (grãos)	2,74	6,88	3,39	3,30	2,89	5,23	4,07
Ap + E (pastagem)	0,90	0,85	0,64	0,60	0,66	0,99	0,77
Ap + E + Az (pastagem)	0,65	0,71	0,48	0,73	0,63	0,74	0,65
Mi (pastagem)	0,97	1,12	1,17	0,88	0,35	0,89	0,90
M (grãos)	8,13	7,78	9,89	8,36	6,13	9,05	8,22
S (grãos)	4,80	4,57	5,17	5,05	5,61	7,52	5,45
T (grãos)	3,74	3,65	2,45	3,00	5,76	2,25	3,48
----- Contrastes entre tratamentos (P > F) -----							
Ab x Ap + E	**	**	**	**	**	**	**
Ab x Ap + E + Az	**	**	**	**	**	**	**
Ab x Mi	**	**	**	**	**	**	**
Ab x M	**	*	**	**	**	**	**
Ab x S	**	**	**	**	**	**	**
Ab x T	**	**	**	ns	**	**	**

Continua...

Tabela 22. Continuação.

Cultura	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
	**	**	**	ns	**	**
	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ap + E x Ap + E + Az	ns	ns	ns	**	**	**
Ap + E x Mi	**	**	**	**	**	**
Ap + E x M	**	**	**	**	**	**
Ap + E x S	**	**	**	**	**	**
Ap + E x T	ns	ns	ns	ns	ns	*
Ap + E + Az x Mi	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x M	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x S	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x T	**	**	**	**	**	**
Mi x M	**	**	**	**	**	**
Mi x S	**	**	**	**	**	**
M x S	**	**	**	**	**	**
M x T	**	**	**	**	ns	**
S x T	**	**	**	**	ns	**

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Az: azevém; E: ervilhaca; Mi: milho; M: milho; S: soja; e T: trigo. ns: não significativo; *: nível de significância de 5%; e **: nível de significância de 1%.

Tabela 23. Conversão energética de seis sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, no ano (inverno e verão) e na média dos anos, comparados pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1995 a 2000. Passo Fundo, RS.

Sistema	Ano						Média
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
I	4,97	4,82	5,25	4,53	4,84	5,17	4,93
I	4,58	4,74	4,91	4,69	4,61	4,90	4,74
II	2,62	2,81	2,39	2,34	2,75	2,91	2,65
IV	2,55	2,47	2,27	2,30	3,34	2,70	2,60
V	3,04	3,37	2,84	2,93	3,40	3,97	3,26
VI	2,85	3,32	2,99	2,79	3,52	3,60	3,17
----- Contrastes entre tratamentos (P>F) -----							
I x II	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x III	**	**	**	**	**	**	**
I x IV	**	**	**	**	**	**	**
I x V	**	**	**	**	**	**	**
I x VI	**	**	**	**	**	**	**

Continua...

Tabela 23. Continuação.

Sistema	Ano						Média
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	----- Contrastes entre tratamentos (P > F) -----						
II x III	**	**	**	**	**	**	**
II x IV	**	**	**	**	**	**	**
II x V	**	**	**	**	**	**	**
II x VI	**	**	**	**	**	**	**
III x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III x V	ns	*	*	*	*	**	**
III x VI	ns	ns	**	*	*	**	**
IV x V	*	**	**	**	ns	**	**
IV x VI	ns	**	**	*	ns	**	**
V x VI	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: (trigo/soja e pastagem de aveia preta + azevém/pastagem de milho); e Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho. ns: não significativo; *: nível de significância de 5%; **: nível de significância de 1%.

Tabela 24. Balanço energético do ganho de peso animal e das culturas de inverno e de verão, na média de cada ano, de seis sistemas de produção mistos, comparados pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1995 a 2000. Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano					Média	
	1995	1996	1997	1998	1999		2000
	----- Balanço energético (Mcal/ha) -----						
Ab (grãos)	+ 3.024	+ 9.954	+ 5.435	+ 5.612	+ 4.603	+ 10.077	+ 6.451
Ap + E (pastagem)	- 176	- 218	- 547	- 602	- 723	- 87	- 392
Ap + E + Az (pastagem)	- 837	- 484	- 939	- 607	- 895	- 567	- 722
Mi (pastagem)	- 34	+ 231	+ 362	- 217	- 1.212	- 213	- 181
M (grãos)	+ 20.145	+ 20.032	+ 26.270	+ 21.650	+ 14.630	+ 23.932	+ 21.108
S (soja)	+ 7.849	+ 7.195	+ 8.478	+ 6.549	+ 9.573	+ 10.967	+ 8.435
T (grãos)	+ 4.999	+ 5.955	+ 3.598	+ 5.002	+ 10.562	+ 2.893	+ 5.501
	----- Contrastes entre tratamentos (P > F) -----						
Ab x Ap + E	**	**	**	**	**	**	**
Ab x Ap + E + Az	**	**	**	**	**	**	**
Ab x Mi	**	**	**	**	**	**	**
Ab x M	**	**	**	**	**	**	**
Ab x S	**	**	**	ns	**	ns	**
Ab x T	**	**	**	ns	**	**	**
Ap + E x Ap + E + Az	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Continua...

Tabela 24. Continuação.

Cultura	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
Ap + E x Mi	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ap + E x M	**	**	**	**	**	**
Ap + E x S	**	**	**	**	**	**
Ap + E x T	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x Mi	ns	ns	**	ns	ns	ns
Ap + E + Az x M	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x S	**	**	**	**	**	**
Ap + E + Az x T	**	**	**	**	**	**
Mi x M	**	**	**	**	**	**
Mi x S	**	**	**	**	**	**
Mi x T	**	**	**	**	**	**
S x T	**	*	**	**	ns	**

--- -- Contrastes entre tratamentos ($P > F$) --- --

Ab: aveia branca; Ap: aveia preta; Az: avevém; E: ervilhaca; Mi: milho; S: soja; e T: trigo. ns: não significativo; * diferença significativa a 5%; e ** : diferença significativa a 1%.

Tabela 25. Balanço energético de seis sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, comparados pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1995 a 2000. Passo Fundo, RS.

Sistema	Ano						Média
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	----- Balanço energético (Mcal/ha) -----						
I	16.564	16.670	19.022	15.078	17.581	18.759	17.279
II	16.500	16.751	18.338	17.453	16.645	18.224	17.318
III	6.250	8.009	6.288	5.483	7.571	7.651	6.875
IV	5.977	6.229	5.834	5.262	10.054	6.780	6.689
V	7.930	9.537	8.118	7.937	10.617	12.002	9.357
VI	7.189	9.383	8.830	7.358	11.056	10.484	9.050
	----- Contrastes entre tratamentos (P>F) -----						
I x II	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
I x III	**	**	**	**	**	**	**
I x IV	**	**	**	**	**	**	**
I x V	**	**	**	**	**	**	**
I x VI	**	**	**	**	**	**	**

Continua...

Tabela 25. Continuação.

Sistema	Ano						Média
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	----- Balanço energético (Mcal/ha) -----						
I	16.564	16.670	19.022	15.078	17.581	18.759	17.279
II	16.500	16.751	18.338	17.453	16.645	18.224	17.318
III	6.250	8.009	6.288	5.483	7.571	7.651	6.875
IV	5.977	6.229	5.834	5.262	10.054	6.780	6.689
V	7.930	9.537	8.118	7.937	10.617	12.002	9.357
VI	7.189	9.383	8.830	7.358	11.056	10.484	9.050
	----- Contrastes entre tratamentos (P>F) -----						
I x II	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
I x III	**	**	**	**	**	**	**
I x IV	**	**	**	**	**	**	**
I x V	**	**	**	**	**	**	**
I x VI	**	**	**	**	**	**	**

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + azevém/milho; Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; Sistema IV: (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho; Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho).

ns: não significativo; *: diferença significativa a 5%; e **: diferença significativa a 1%.

Análise econômica

A análise econômica foi determinada, nos seis sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, pela receita líquida. Entende-se por receita líquida a diferença entre receita bruta (rendimento de grãos e/ou ganho de peso animal multiplicado pelos respectivos preços) e custos totais [custos variáveis (custos de insumos + custos de operações de campo) e custos fixos (depreciação de máquinas e equipamento e juros sobre capital)]. Os custos de insumos e de operações de campo foram levantados em janeiro de 2001, e os valores de venda dos produtos representam os preços médios de mercado nos últimos anos.

As análises conjuntas dos dados para receita líquida, de 1995 a 1999, apresentaram significância para efeito ano e para sistema de produção. As condições climáticas, que variam de um ano para outro, influem no rendimento de grãos e no rendimento de matéria seca das espécies. Não houve significância entre as análises conjuntas dos resultados da receita líquida para a interação ano x sistema de produção.

As culturas de inverno produtoras de grãos apresentaram rendimento de grãos com grande amplitude de variação (tabelas 2 e 3). Na cultura de aveia branca, o rendimento médio de grãos foi de 2.309 kg/ha (de 1995 a 2000, variando de 1.257 a 3.584 kg/ha), enquanto para trigo foi de 2.252 kg/ha (de 1995 a 2002, variando de

1.430 a 3.656 kg/ha). O baixo rendimento de grãos de aveia branca, nesse período, pode ser atribuído a doenças da parte aérea. O rendimento de grãos de trigo relativamente baixo em 1995 e 1997 pode ser explicado, em parte, pelo déficit hídrico no mês de agosto (78 mm) e pelo excesso de chuva no mês de outubro (550 mm), respectivamente.

Na análise anual, observou-se que houve diferenças significativas quanto à receita líquida para as culturas estudadas (Tabela 27). Nas safras agrícolas de 1995 e 1997, milho apresentou maior receita líquida por hectare do que as demais culturas avaliadas. Ainda no primeiro ano de estudo, pastagem de aveia preta + ervilhaca, pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém, pastagem de milho e cultura de soja situaram-se em posição intermediária, enquanto aveia branca e trigo mostraram a menor receita líquida. Em 1996, as receitas líquidas de milho, de milho (pastagem) e de aveia preta + ervilhaca (pastagem) foram as mais elevadas por hectare. Entretanto, as duas últimas culturas (pastagens) foram semelhantes estatisticamente à receita líquida de aveia preta + ervilhaca + azevém (pastagem). Na safra agrícola de 1998, a cultura de milho e a pastagem aveia preta + ervilhaca + azevém mostraram receita líquida superior, em comparação com as demais espécies e consorciações estudadas. No ano de 1999, soja foi a cultura que apresentou maior receita líquida. Na maioria dos anos, aveia branca e trigo apresentaram menor receita líquida.

Na média conjunta, de 1995 a 1999, verificou-se que houve diferenças significativas em receita líquida associadas às culturas estudadas (Tabela 27). A cultura de milho apresentou valor mais elevado para receita líquida por hectare. Soja, aveia preta + ervilhaca + azevém, aveia preta + ervilhaca e milho situaram-se em posição intermediária, enquanto trigo e aveia branca tiveram a menor receita líquida. Porém as espécies não devem ser analisadas isoladamente, mas de uma forma sistêmica.

Pela análise da receita líquida dos sistemas mistos, comparados dois a dois, houve diferenças significativas na maioria dos anos e na média conjunta dos anos de 1995 a 1999 (Tabela 28). No ano de 1995, o Sistema I mostrou maior retorno econômico (R\$ 413,00) do que os Sistemas V (R\$ 241,00) e VI (204,00). Nessa mesma safra, a receita líquida para o Sistema II (R\$ 377,00) foi superior à do Sistema VI. No ano de 1998, o Sistema II (R\$ 356,00) apresentou maior rentabilidade, em comparação com os Sistemas III (R\$ 179,00), V (R\$ 181,00) e VI (R\$ 181,00). No ano de 1999, o Sistema II mostrou maior receita líquida (R\$ 403,00), em relação ao Sistema III (R\$ 196,00). Essa diferença a favor dos Sistemas I (trigo/soja e pastagem de aveia + ervilhaca/milho) e II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho), nos anos de 1995 e 1998, está relacionada com a cultura de milho, que apresentou maior receita líquida, nesses anos, e, conseqüentemente, maior receita líquida nos sistemas de produção. Porém, isso não foi verdadeiro para os anos de 1996 e 1997, nos quais a receita líquida não mostrou diferenças.

Tabela 26. Rendimento de grãos de culturas de inverno e de verão e ganho de peso animal, em sistemas de produção mistos. Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano				
	1995	1996	1997	1998	1999
	----- kg/ha -----				
Aveia branca (grãos)	1.275	3.120	2.081	2.157	1.885
Aveia preta + ervilhaca (pastagem)	392 ¹	339 ¹	252 ¹	238 ¹	372 ¹
Aveia preta + ervilhaca + azevém (pastagem)	408 ¹	317 ¹	238 ¹	427 ¹	~407 ¹
Milheto (pastagem)	366 ²	545 ²	579 ²	421 ²	171 ²
Milho (grãos)	6.363	6.368	8.096	6.812	5.155
Soja (grãos)	2.479	2.308	2.628	2.043	2.912
Trigo (grãos)	1.848	2.223	1.650	2.020	3.463

¹ Ganho de peso animal = consumo de 10 kg de MS de pastagem de inverno: 1 kg de peso vivo/animal.

² Ganho de peso animal = consumo de 15 kg de MS de pastagem de milho: 1 kg de peso vivo/animal.

Tabela 27. Análise da receita líquida, por hectare, do ganho de peso animal e das culturas de inverno e de verão, em sistemas de produção mistos. Passo Fundo, RS.

Cultura	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
	----- R\$/ha -----					
Aveia branca (grãos)	-131,00 e	287,00 c	-12,00 d	-65,00 c	-45,00 d	7,00 e
Aveia preta + ervilhaca (pastagem)	466,00 b	389,00 abc	263,00 c	242,00 b	219,00 c	316,00 c
Aveia preta + ervilhaca + azevém (pastagem)	457,00 b	354,00 bc	227,00 c	477,00 a	266,00 bc	356,00 c
Milheto (pastagem)	212,00 c	438,00 ab	487,00 b	233,00 b	-137,00 d	247,00 d
Milho (grãos)	571,00 a	511,00 a	799,00 a	552,00 a	318,00 bc	551,00 a
Soja (grãos)	445,00 b	320,00 c	481,00 b	303,00 b	590,00 a	428,00 b
Trigo (grãos)	23,00 d	7,00 d	-242,00 e	-58,00 c	370,00 b	20,00 e

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

Tabela 28. Análise da receita líquida média de seis sistemas de produção mistos, sob sistema plantio direto, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, empregando-se o método de contrastes, de 1995 a 1999. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Ano				Média	
	1995	1996	1997	1998		1999
	----- Receita líquida (R\$/ha) -----					
I	413,00	318,00	332,00	236,00	374,00	335,00
II	377,00	310,00	307,00	356,00	403,00	351,00
III	301,00	344,00	268,00	179,00	196,00	257,00
IV	290,00	278,00	234,00	222,00	312,00	267,00
V	241,00	270,00	235,00	181,00	259,00	237,00
VI	204,00	260,00	237,00	181,00	284,00	233,00
	----- Contrastes entre sistemas (P > F) -----					
I x II	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x III	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x IV	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x V	*	ns	ns	ns	ns	*
I x VI	**	ns	ns	ns	ns	**

Continua...

Tabela 28. Comunicação.

Sistema de produção	Ano					Média
	1995	1996	1997	1998	1999	
II x III	ns	ns	ns	*	*	*
II x IV	ns	ns	ns	ns	ns	*
II x V	ns	ns	ns	*	ns	**
II x VI	*	ns	ns	*	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
IV x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IV x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns
V x VI	ns	ns	ns	ns	ns	ns

----- Contrastes entre sistemas (P > F) -----

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

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

Na média conjunta dos anos, comparados dois a dois, o Sistema I (R\$ 335,00) foi superior aos Sistemas V (R\$ 237,00) e VI (R\$ 233,00), para receita líquida, enquanto o Sistema II (R\$ 351,00) foi superior aos Sistemas III (R\$ 257,00), IV (R\$ 267,00), V e VI. Como milho foi a cultura que teve melhor receita líquida individual entre as espécies estudadas, isso se refletiu no desempenho dos Sistemas I e II. Além disso, para alimentar os animais com forragem, durante o inverno e o verão, pode-se ainda sugerir o Sistema IV (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milheto).

Objetivou-se desenvolver sistemas mistos para produzir pastagens, tanto de inverno como de verão, para engorda de animais ou produção de leite. No Sistema I, programaram-se dois pastejos no inverno, para semear milho na melhor época. No Sistema II, foram planejados três pastejos no inverno, e milho foi semeado após à época preferencial. Os Sistemas III e IV foram semelhantes aos Sistemas I e II, substituindo-se o milho por milheto. Por sua vez, os Sistemas V e VI foram similares aos Sistemas III e IV, incluindo-se aveia branca e soja, para produção de grãos. Pelos dados obtidos, os sistemas com um ano de rotação de culturas (Sistemas I e II) foram mais lucrativos do que os com dois anos de intervalo entre cultivos de trigo (Sistemas V e VI). Neste trabalho não havia sistema de produção sob monocultura. Pelos trabalhos desenvolvidos na forma sistêmica com cereais de inverno, verificou-se que a rotação de culturas sempre foi mais lucrativa do que a monocultura de espécies. Outro destaque deste trabalho foi o estudo de sistemas de rotação de culturas, tanto para espécies de

inverno (aveia branca, aveia preta + ervilhaca, aveia preta + ervilhaca + azevém e trigo) como de verão (milho, milheto e soja), integrando lavoura com pecuária, sob sistema plantio direto.

Análise de risco

Foi efetuada a análise de variância (média variância) da receita líquida da média dos anos (1995/96 a 1999/00). A média variância presume que o tomador de decisão escolha a alternativa que apresente menor variância para uma mesma média ou a alternativa que apresente maior média para um nível igual de variância (Porto et al., 1982). As médias, na análise de média variância da receita líquida, foram comparadas entre si, pela aplicação do teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

A partir dos dados de entrada de preços, de rendimento de grãos ou de matéria seca e custos de cada alternativa, foram geradas distribuições de probabilidade cumulativa dessas variáveis, mediante o processo Monte Carlo, bem como a distribuição da receita líquida correspondente a cada alternativa (Ambrosi & Fontaneli, 1994). Com base nessas distribuições cumulativas, foram determinados os intervalos de preço, de rendimento de grãos ou de matéria seca e receita líquida, com 5% de probabilidade de cada intervalo ("twentiles"). A receita líquida das alternativas sob comparação foi analisada duas a duas ("pairwise"), e a dominância em condições de risco (dominância estocástica) foi analisada pelo mé-

todo descrito por Cruz (1980).

Nesse caso, a receita líquida foi analisada aplicando-se o programa para computador denominado "Biorisco" ou "Pacta", que é baseado no critério de simetria de Ambrosi e Fontaneli (1994). Esse programa compara as alternativas, duas a duas, do ponto de vista de rentabilidade e de risco (distribuição de probabilidade acumulada, "twentiles", e dominância estocástica, "pairwise"), conforme descrito por Cruz (1980).

Os dados da receita líquida da média variância, da distribuição de probabilidade acumulada e da dominância estocástica dos sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto, podem ser observados nas tabelas 29, 30 e 31.

A análise da média variância, os Sistemas II (R\$ 351,00) e I (R\$ 335,00) apresentaram receita líquida, por hectare, mais elevada (Tabela 29). Contudo, o último sistema de produção foi semelhante estatisticamente aos Sistemas III (R\$ 257,00) e IV (R\$ 267,00), enquanto os Sistemas V (R\$ 237,00) e VI (233,00) apresentaram a menor receita líquida e, contudo, não se diferenciaram estatisticamente dos Sistemas III e IV. A análise da receita líquida através da média variância permitiu separar os Sistemas I e II como as melhores alternativas a serem oferecidas ao agricultor, quando se busca apenas um ano de rotação de culturas, considerando-se as espécies em estudo.

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 empregado o critério de segurança em primeiro lugar (distribuição de probabilidade da receita líquida). Esse tipo de análise possibilita a escolha da melhor alternativa com base em determinada probabilidade de garantir renda em dado nível de escolha do tomador de decisão. Em princípio, baseia-se no critério de um dos sistemas apresentar determinada renda líquida. O valor seria escolhido pelo tomador de decisão.

Os dados da Tabela 30 foram gerados a partir da distribuição normal em cada sistema de produção. O programa divide essa distribuição em 20 intervalos de 5% de probabilidade cada um.

Na análise da distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, o Sistema I apresentou, na baixa probabilidade de risco (15%), maior renda líquida por hectare (R\$ 10,00), em comparação aos Sistemas II (R\$ 1,00), III (R\$ 0,00), IV (R\$ 0,00), V (R\$ 0,00) e VI (R\$ 0,00) (Tabela 30). Na probabilidade de risco de 5% a 10%, todos os valores da receita líquida foram negativos. Na alta probabilidade de risco (100%), o Sistema II obteve a maior renda líquida por hectare (R\$ 1.177,00), em relação aos Sistemas I (R\$ 1.095,00), III (R\$ 916,00), IV (R\$ 1.011,00), V (R\$ 978,00) e VI (R\$ 983,00). Nesse caso, não foi possível separar o mesmo sistema de produção 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.

Tabela 29. Receita líquida média anual e desvio padrão, por hectare, de seis sistemas de produção envolvendo culturas produtoras de grãos e pastagens anuais de inverno e de verão, de 1995 a 1999, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Sistema de produção	Receita líquida média	
	1995 e 1999	Desvio padrão
	----- R\$/ha -----	
Sistema I	335,00 ab	188,41
Sistema II	351,00 a	192,15
Sistema III	257,00 bc	161,74
Sistema IV	267,00 bc	157,16
Sistema V	237,00 c	167,25
Sistema VI	233,00 c	150,31

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

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

Tabela 30. Distribuição de probabilidade acumulada da receita líquida, por hectare, em sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens anuais de inverno e de verão, de 1995 a 1999, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Probabilidade de risco (%)	Sistema de produção					
	I	II	III	IV	V	VI
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	10,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	115,00	113,00	67,00	53,00	23,00	17,00
25	158,00	160,00	105,00	95,00	66,00	60,00
30	186,00	190,00	129,00	122,00	93,00	87,00
35	226,00	234,00	164,00	162,00	132,00	127,00
40	256,00	266,00	189,00	191,00	161,00	156,00
45	294,00	308,00	223,00	228,00	198,00	194,00
50	327,00	343,00	251,00	260,00	230,00	226,00
55	377,00	397,00	294,00	309,00	279,00	275,00
60	436,00	462,00	345,00	367,00	336,00	333,00
65	455,00	482,00	362,00	385,00	355,00	352,00
70	482,00	512,00	385,00	412,00	381,00	379,00
75	522,00	556,00	420,00	451,00	421,00	419,00

Continua...

Tabela 30. Continuação

Probabilidade de risco (%)	Sistema de produção					
	I	II	III	IV	V	VI
80	575,00	613,00	466,00	503,00	473,00	471,00
85	618,00	659,00	503,00	545,00	513,52	513,00
90	679,00	725,00	555,00	604,00	573,00	572,00
95	774,00	829,00	638,00	697,00	665,00	666,00
100	1.095,00	1.177,00	916,00	1.011,00	978,00	983,00

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/ pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.

Exemplificando, um agricultor "A", que queira correr risco maior que 10% de ter receita líquida negativa, jamais deverá escolher os sistemas de produção estudados (Tabela 30). Por sua vez, um agricultor "B", que pretenda obter a maior renda possível, sem se importar com o risco, deverá optar pelo Sistema II. Um agricultor "C", que pretendesse arriscar mais que 25% de suas probabilidades de atingir a máxima receita líquida, deveria adotar, também, o Sistema II, para obter uma receita líquida superior a R\$ 160,00 por hectare, seguido pelo Sistema I.

Pela dominância estocástica, o Sistema II dominou os demais sistemas de produção estudados (Tabela 31). Os sistemas podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: Sistema II, Sistema I, Sistema IV, Sistema III e Sistema V, sendo o Sistema VI o pior em termos de rentabilidade e de risco. Observa-se que o Sistema II (trigo/soja e aveia preta + ervilhaca + azevém/milho) foi a alternativa de menor risco.

Pelo verificado, neste estudo e em outros, o método da dominância estocástica apresentou maior nível de discriminação do que os métodos da média variância e da distribuição de probabilidade acumulada e deve ser empregado, sempre que possível, para recomendar as novas indicações ao agricultor, porque oferece opções em uma abrangência limitada. No presente estudo de seis sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão foi possível indicar somente um sistema.

Tabela 31. Dominância estocástica da receita líquida, por hectare, de seis sistemas de produção envolvendo culturas produtoras de grãos e pastagens anuais de inverno e de verão, 1995 e 1999, sob sistema plantio direto. Passo Fundo, RS.

Modelo de produção	Sistema de produção					
	I	II	III	IV	V	VI
I	-	0	1	1	1	1
II	1	-	1	1	1	1
III	0	0	-	0	1	1
IV	0	0	1	-	1	1
V	0	0	0	0	-	1
VI	0	0	0	0	0	-

Sistema I: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho;

Sistema II: trigo/soja e aveia preta + ervilhaca + azevém/milho;

Sistema III: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/pastagem de milho;

Sistema IV: trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho;

Sistema V: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/ pastagem de milho; e

Sistema VI: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho.
 A leitura deve ser feita no sentido horizontal: 0 (zero) significa que a tecnologia da linha é dominada pela coluna e 1 (um) significa que a tecnologia da linha domina a da coluna.

Como o risco tende a atuar como impedimento à adoção de práticas melhoradoras na agricultura, por exemplo, por parte do produtor, este trabalho permite que seja escolhida a integração de lavoura com pecuária como prática economicamente viável, em relação a somente lavoura ou pecuária isoladamente.

Com base nos fundamentos da rotação de culturas e do sistema plantio direto, áreas imensas do Sul do Brasil foram protegidas e, conseqüentemente, tornaram-se sustentáveis pelo adoção dessas práticas agrícolas. Dessa maneira, a rotação de culturas viabiliza o sistema plantio direto. Isso tudo torna-se verdadeiro porque o sistema plantio direto, ao reduzir o número de operações agrícolas na lavoura, eleva concomitantemente a receita líquida, em relação ao preparo convencional de solo.

Conclusões

Rendimento de grãos e ganho de peso animal

Não houve diferença significativa entre as médias para rendimento de grãos de aveia branca e de trigo.

Milho cultivado após diversas pastagens de inverno não evidenciou diferença significativa no rendimento de grãos.

Soja cultivada após trigo, exceto no Sistema II (trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/milho), apresentou rendimento de grãos mais elevado

que soja cultivada após aveia branca, no Sistema VI (trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca + azevém/pastagem de milho).

Soja cultivada após aveia branca, no Sistema VI, não diferiu de soja cultivada após trigo, no Sistema II.

O rendimento de grãos e a estatura de plantas de soja foram maiores após trigo do que após aveia branca, enquanto para quantidade de palha remanescente ocorreu o inverso.

Não houve diferença significativa entre as médias para ganho de peso animal, tanto no inverno como no verão.

Fertilidade do solo

Os valores de pH, de Al e Ca + Mg trocáveis e de P extraível e o nível de matéria orgânica diferiram entre os sistemas de produção mistos e a floresta subtropical.

Os níveis de P extraível e de K trocável, principalmente nas primeiras camadas, 0-5 e 5-10 cm, aumentaram, em comparação aos valores verificados em sete anos, de 1995 a 2001, em todos os sistemas de produção estudados, enquanto para os valores de pH e de Al trocável ocorreu o inverso.

O nível de matéria orgânica e os teores de P e de K disponíveis diminuíram progressivamente da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, em todos os sistemas de produção mistos, enquanto para os valores de pH e

Al trocável ocorreu o contrário.

Houve acidificação da camada 0-5 cm, necessitando aplicação de calcário após onze anos.

Física do solo

A densidade de solo e a resistência deste à penetração foi maior na camada 10-15 cm do que na camada 0-5 cm, nos Sistemas I e II e na floresta subtropical.

A floresta subtropical apresentou densidade de solo e resistência à penetração menores do que o verificado na maioria dos sistemas de produção estudados, nas camadas 0-5 cm e 10-15 cm, enquanto para porosidade total e macroporosidade os valores respectivos foram maiores.

A porosidade total e a microporosidade diminuíram da camada superficial para a camada mais profunda na floresta subtropical, enquanto para o Sistema II isso foi verdadeiro para porosidade total e para macroporosidade.

No Sistema II, houve redução dos macroporos e aumento da densidade e da resistência do solo à penetração, da camada 0-5 cm para a camada de 10-15 cm.

Conversão energética e balanço energético

A cultura de milho apresentou balanço energético mais

positivo.

Os Sistemas I e II foram os mais eficientes na conversão e no balanço de energia.

Todos os sistemas de produção estudados apresentaram balanço energético positivo.

A integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto foi viável, pois apresentou conversão e balanço energético positivos.

Receita líquida

A cultura de milho apresentou valor mais elevado para receita líquida.

Os Sistemas I e II apresentaram maior receita líquida.

A engorda de animais elevou a rentabilidade da lavoura.

Análise de risco

Através da análise da média variância da receita líquida, os Sistemas I e II apresentaram receita líquida, por hectare, mais elevada.

A análise da distribuição da probabilidade acumulada da receita líquida torna a escolha da alternativa uma deci-

são do produtor, que deverá considerar as probabilidades de maior ou menor risco.

A análise da dominância estocástica permitiu indicar o Sistema II como o mais lucrativo e o de menor risco.

A lavoura, ao ser integrada com a pecuária, pode aumentar a rentabilidade da propriedade agrícola como um todo e reduzir os riscos.

Referências Bibliográficas

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALMEIDA, F. A. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: Iapar, 1988. 60 p. (Iapar. Circular, 53).

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio do solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Análise de risco de quatro sistemas alternativos de produção integração lavoura/pecuária. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 2, n. 3, p. 129-148, 1994.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1213-1219, 2001.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e/ou mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 139-145, 1994.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de**

Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

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

DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. de. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.

DE MORI, C. **Mensuração do desempenho produtivo de unidades de produção agrícola considerando aspectos agroeconômicos e agroenergéticos**. 1998. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. 212 p. (Embrapa Solos. Documentos, 1).

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).

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, 2000a.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; DENARDIN, J. E.; REIS, E. M.; VOSS, M. **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000b. 84 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 6).

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; VOSS, M. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000c.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

FREITAS, E. A. G. de; DUFLOTH, J. H.; GREINER, L. C. **Tabela de composição químico-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1994. 33 p. (Epagri. Documentos, 155).

GRAY, A. W.; HARMAN, W. L.; RICHARDSON, J. W.; WIESE, A. F.; REGIER, G. C.; ZIMMEL, P. T.; LANSFORD, V. D. Economic and financial viability of residue management: an application to the Texas High Plains. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 10, n. 1, p. 175-183, 1997.

HERNÁZ, J. L.; GIRÓN, V. S.; CERISOLA, C. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 183-198, 1995.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. **É necessária a descontinuidade do sistema plantio direto após dez anos de adoção?** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 10 p. (Embrapa trigo, Comunicado Técnico Online, 43). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co43.htm>.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MONEGAT, C. **Avaliação multidimensional do desempenho do manejo do solo no sistema do pequeno agricultor.** 1998. 144 f. Tese (Mestrado em Agrossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. **Informações Agrônomicas**, v. 100, p. 6-10, 2002.

PAIVA, P. J. R.; VALE, F. R. do; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo roxo do estado do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.

PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475 p.

PORTO, V. H. da F.; CRUZ, E. R. da; INFELD, J. A. Metodologia para incorporação de risco em sistemas 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. 93-211, abr./jun. 1982.

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.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Passo Fundo, 1995. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1995. p. 127-130.

RESENDE, P. C. S. **Resistência mecânica e sua variação com a umidade e com a densidade do solo em**

- Latossolo Vermelho-escuro do Cerrado.** 1995. 64 f. Mestrado (Dissertação) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.
- RESTLE, J.; LUPATINI, G. C.; ROSO, C.; SOARES, A. B. Eficiência e desempenho de categorias de bovinos de corte em pastagem cultivada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 397-404, 1998.
- RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. 424 p.
- ROMAN, E. S.; DIDONET, A. D. **Controle de plantas daninhas no plantio de trigo e soja.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1990. 32 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 2).
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta.** Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo, 1995. 134 p.
- SÁ, J. C. de M. A intimidade do processo. Por que não lavrar nem gradear o solo? **Revista Plantio Direto**, v. 60, p. 20-21, 2000.
- SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa-CNPT; Fundacep Fecotrigo; Fundação ABC, 1993. p. 37-60.
- SALET, R. L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto.** 1994. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; FONTANELI, R. S. Contribuição das culturas de inverno para a receita líquida de sistemas de produção mistos. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 21., 2001, Lages, SC. **Resultados experimentais...** Lages: UDESC, 2001a. p. 81-83.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; IGNACZAK, J. C.; WOBETO, C. Análise econômica de sistemas de rotação de culturas para trigo, num período de dez anos, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2175-2183, 1999.

SANTOS, H. P. dos; AMBROSI, I.; WOBETO, C. Risco de sistemas de rotação de culturas de inverno e verão, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2000a.

SANTOS, H. P. dos, FONTANELI, R. S.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 743-752, 2000b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível de fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 645-653, 2001b.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, S. R.; TOMM, G. O.; DENARDIN, J. E. Atributos químicos e físicos de solo em sistemas de produção com pastagens anuais de

inverno, sob plantio direto. In: EMBRAPA TRIGO. **Soja: resultados de pesquisa 2001/2002**. Trabalho 20. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 12). Trabalho apresentado na XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Cruz Alta, RS, 2002. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do12.htm>.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.; SPERA, S. T. Efeito de sistemas mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 545-552, 2003.

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, 1995.

SANTOS, H. P. dos, IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; BAIER, A. C. Conversão energética e balanço energético de sistemas de rotação de culturas para triticales. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 43-48, 2000c.

SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Efeito de culturas de inverno sobre a soja cultivada em sistemas de rotação de culturas para trigo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96**. Passo Fundo, 1996. p. 153-165. (Embrapa Trigo. Documentos, 28).

SANTOS, H. P. dos, LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHNEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001c.

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. 1, p. 1141-1146, 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, 1998.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Efeitos de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre a estatura de plantas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 729-735, 1991.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. Rotação de culturas. In: SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Cap. 1, p. 11-132.

SANTOS, H. P. dos; ROMAN, E. S. Efeitos de culturas de inverno e rotações sobre a soja cultivada em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 7., n. 1, p. 59-68, 2001.

SANTOS, H. P. dos; ZENTNER, R. P.; SELLES, F.; AMBROSI, I. Effect of crop rotation on yields, soil chemical characteristics, and economic returns of zero-till barley in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 28, n. 2, p. 141-158, 1993.

SIJTSMA, C. H.; CAMPBELL, A. J.; McLAUGHLIN, N. B.; CARTER, M. R. Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 223-231, 1998.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Fertilidade do Solo. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo, 1995. 224 p.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo. In: EMBRAPA TRIGO. **Soja: resultados de pesquisa 2001/2002**. Trabalho 20. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 12). Trabalho apresentado na XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Cruz Alta, RS, 2002. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do12.htm>.

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

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater-RS; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solos**, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 32 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camada de impedimento do solo em sistemas agrícolas com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

ZENTNER, R. P.; CAMPBELL, D. W.; CAMPBELL, C. A.; REID, D. W. Energy consideration of crop rotation in southwestern Saskatchewan. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v. 26, n. 1, p. 25-29, 1984.

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.

ZENTNER, R. P.; TESSIER, S.; PERU, M.; DYCK, F. B.; CAMPBELL, C. A. Economics of tillage systems for spring wheat production in southwestern Saskatchewan. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 21, n. 3/4, p. 225-242, 1991.

Embrapa

Trigo

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

