

PRODUTIVIDADE CULTURAL DE SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS PARA CEVADA, SOB PLANTIO DIRETO¹

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS², JOÃO CARLOS IGNACZAK³ e ITACIR SANDINI⁴

RESUMO - No período de dez anos (1984 a 1993), foi conduzido, em Guarapuava, PR, experimento constituído de sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I (cevada/soja); sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, e cevada/soja e aveia-branca/soja, de 1990 a 1993); sistema III (cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989, sendo ervilhaca/milho substituído por aveia-branca/soja de 1990 a 1993); e sistema IV (cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja). O objetivo deste trabalho é avaliar a produtividade cultural destes quatro sistemas de rotação, sob plantio direto. De 1984 a 1989, os sistemas II (2,19 kg/Mcal) e III (1,89 kg/Mcal) foram superiores ao sistema I (1,54 kg/Mcal); por outro lado, o sistema IV (1,81 kg/Mcal) não diferiu do sistema I. De 1990 a 1993, os sistemas II, III e IV, com índices de produtividade cultural médios de 1,89 kg/Mcal, 2,02 kg/Mcal e 1,88 kg/Mcal, respectivamente, não diferiram do sistema I (1,68 kg/Mcal); no entanto, os índices de produtividade cultural anuais dos sistemas III e II foram sempre superiores ou não diferiram dos do sistema I.

Termos para indexação: energia, eficiência energética, caloria, rendimento de grãos.

CULTURAL PRODUCTIVITY OF CROP ROTATION SYSTEMS FOR BARLEY, UNDER NO-TILLAGE

ABSTRACT - Over a ten-year period (1984 to 1993), in Guarapuava, Paraná, Brazil, the effect of crop rotation systems on barley was assessed. Four rotation systems for barley were studied: system I (barley/soybean); system II (barley/soybean and common vetch/corn, from 1984 to 1989, and barley/soybean and white oats/soybean, from 1990 to 1993); system III (barley/soybean, flax/soybean, and common vetch/corn, from 1984 to 1989; common vetch/corn was replaced by white oats/soybean, from 1990 to 1993); and system IV (barley/soybean, flax/soybean, common vetch/corn, and white oats/soybean). The objective of this work was to evaluate the cultural productivity of these four rotation systems under no-tillage. From 1984 to 1989, the systems II (2.19 kg/Mcal) and III (1.89 kg/Mcal) showed a higher energy conversion rate, as compared to system I (1.54 kg/Mcal). No difference was found between systems IV (1.81 kg/Mcal) and I. From 1990 to 1993 the systems II, III and IV, whose average cultural productivity indexes were 1.89 kg/Mcal, 2.02 kg/Mcal, and 1.88 kg/Mcal, respectively, did not differ from system I (1.68 kg/Mcal); however, the annual cultural productivity indexes of systems III and II were either higher than or did not differ from system I.

Index terms: energy, energetic efficiency, calory, grain yield.

INTRODUÇÃO

A monocultura e a manutenção do solo descoberto por longos períodos, ocasionando a erosão e a conseqüente degradação dos solos, levam a uma

queda da produtividade agrícola (Rizzardi, 1994). A rotação de culturas e a adubação verde, práticas conhecidas desde a antigüidade, são empregadas com sucesso em várias regiões do mundo. No Brasil, ficaram praticamente esquecidas durante vários anos. No Rio Grande do Sul, a agricultura apoiada no binômio trigo-soja resultou no declínio do rendimento dessas duas culturas.

A simplificação do sistema agrícola, na década de 70, levou à monocultura de inverno (cevada ou trigo), a qual tem sido apontada como causa da queda de produtividade observada principalmente nos

¹ Aceito para publicação em 18 de junho de 1996.

² Eng. Agr., Dr., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-CNPT.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., CEP 85108-000 Guarapuava, PR.

cereais de inverno (Santos, 1991), por causa do aumento da ocorrência de doenças, de pragas e de plantas daninhas ou da degradação física e química do solo. Desde o início da década de 90, em face das doenças como cancro (causada por *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis*), podridão-branca (causada por *Sclerotinia sclerotiorum*) e podridão-parda da haste da soja (causada por *Phialophora gregata*), a rotação de culturas tem sido recomendada como medida de controle das moléstias dessa leguminosa (Santos et al., 1993). A prática agrícola que mais tem apresentado efeito no controle de doenças tem sido a rotação de culturas.

Torna-se necessário o estudo de sistemas de rotação de culturas, do ponto de vista energético, porque pouco se sabe a respeito do assunto e porque toda a vez que se acrescentam novos fatores para modernizar a agricultura pode-se aumentar o consumo de energia (Mello, 1986). Isso pode aumentar os custos e reduzir a geração de renda (Quesada & Beber, 1990). Por outro lado, espera-se que o uso da rotação de culturas possa contornar as possíveis demandas de energia, provavelmente pelos seus efeitos positivos, tais como culturas de cobertura do solo e de adubação verde, diminuindo a quantidade de fertilizantes de cobertura ou de herbicida no controle de plantas daninhas.

Têm sido desenvolvidos vários trabalhos sobre o balanço energético entre espécies (Berardi, 1978; Pimentel, 1980b; Quesada et al., 1987; Bohra et al., 1990). Deve-se levar em consideração que pouco se sabe a respeito do requerimento e da eficiência energética em sistemas de rotação. No Canadá, existe o trabalho de Zentner et al. (1984), e no sul do Brasil, o de Santos & Reis (1994), ambos com sistemas de rotação de culturas para trigo.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade cultural de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada, sob sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

A produtividade cultural foi estimada no experimento de sistemas de rotação de culturas para cevada, instalado na Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda., no município de Guarapuava, PR, de 1984 a 1993, em Latossolo Bruno

Álico (EMBRAPA, 1984). A área experimental vinha sendo cultivada, anteriormente, com cevada e/ou com trigo, no inverno, e com milho e/ou com soja, no verão, no sistema de preparo convencional de solo.

O ensaio foi constituído de quatro sistemas de rotação de culturas para cevada: sistema I (cevada/soja); sistema II (cevada/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 e; cevada/soja e aveia-branca/soja, de 1990 a 1993); sistema III (cevada/soja, linho/soja e ervilhaca/milho, de 1984 a 1989 e; cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja, de 1990 a 1993); e sistema IV (cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja) (Tabela 1), de acordo com esquema descrito por Santos et al. (1994).

Em 1990, nos sistemas II e III, as sucessões ervilhaca/milho e linho/soja, respectivamente, foram trocadas por aveia-branca/soja. As culturas foram estabelecidas em plantio direto, exceto em 1989, quando foi aplicado calcário antes de as culturas de inverno serem semeadas.

As amostragens de solo para determinação de níveis dos nutrientes e do teor de matéria orgânica foram realizadas sempre antes das culturas de inverno (Tabela 2). A adubação de manutenção e a correção da acidez de solo foram baseadas nos dados da análise de solo da área experimental.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários, inclusive o tratamento de semente de cevada, foram conduzidos de acordo com a recomendação para cada cultura, e a colheita foi efetuada com automotriz especial para parcelas.

Para a avaliação de sistemas, foi utilizado o índice adaptado de Mello (1986), o qual resulta da divisão do rendimento de grãos, de cada espécie, pela energia cultural. A energia cultural é a energia gasta na obtenção de um bem ou serviço. O índice adotado é denominado "produtividade cultural" ou "eficiência energética" e pode ser representado pela seguinte fórmula:

Produtividade cultural = rendimento de grãos (kg/ha)/energia cultural (calorias/ha) x 1.000. O resultado desta fórmula é dado em kg/kcal. Os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

Além disso, no presente trabalho, para o cálculo de diversos índices envolvendo sistemas e operações de campo, foram utilizados dados e orientações gerados por Heichel (1980), por Pimentel (1980a) e por Felipe Junior et al. (1984). No caso da ervilhaca, foi considerada como rendimento a contribuição ao solo de 90 kg de N/ha (Derpsch & Calegari, 1992).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A área útil da parcela foi de 60 m² (6 m de largura x 10 m de comprimento). Foi efetuada a análise de variância da produtividade cultural no ano (inver-

no + verão) e na média conjunta dos anos, nos dois períodos: 1984 a 1989 e 1990 a 1993. A análise de variância conjunta foi aplicada a essas duas seqüências em diferentes anos, devido às alterações efetuadas nos sistemas II e III a partir de 1990. Na análise de variância anual, consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos sistemas em estudo. Nas análises conjuntas, considerou-se o efeito do tratamento como fixo, e o efeito do ano, como aleatório. A avaliação dos sistemas de rotação, em todas as análises, foi realizada através do teste F, por meio de contrastes que incluem os diferentes tratamentos dos sistemas de rotação envolvidos em cada comparação. Este método de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara os sistemas dois a dois, em uma unidade de base homogênea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produtividade cultural - anuais e dos dois períodos (1984 a 1989 e 1990 a 1993) - e a comparação estatística, por meio de contrastes dos quatro sistemas de rotação de culturas para cevada, são mostradas na Tabela 3.

Considerando a produtividade cultural anual, houve diferenças significativas em todos os anos. O sistema II mostrou índices de produtividade cultural mais elevados do que o sistema I, em oito dos anos estudados (1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 e 1993), e não diferiu em dois anos (1991 e 1992). Comparado com o sistema III, o

TABELA 1. Sistemas de rotação de culturas para cevada, com espécies de inverno e de verão, em plantiodireto. Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, 1995.

Sistema de rotação	Ano									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Sistema I	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S	C/S
Sistema II	C/S	E/M	C/S	E/M	C/S	E/M	C/S	A/S	C/S	A/S
	E/M	C/S	E/M	C/S	E/M	C/S	A/S	C/S	A/S	C/S
Sistema III	C/S	L/S	E/M	C/S	L/S	E/M	C/S	E/M	A/S	C/S
	L/S	E/M	C/S	L/S	E/M	C/S	E/M	A/S	C/S	E/M
	E/M	C/S	L/S	E/M	C/S	L/S	A/S	C/S	E/M	A/S
Sistema IV	C/S	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S	E/M	A/S	C/S	L/S
	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S	A/S	A/S	C/S	L/S	E/M
	A/S	E/M	C/S	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S	E/M	A/S
	E/M	C/S	L/S	A/S	E/M	C/S	L/S	E/M	A/S	C/S

A = aveia-branca; C = cevada; E = ervilhaca; L = linho; M = milho; e S = soja.

TABELA 2. Valores de pH, de alumínio, de cálcio + magnésio, de fósforo, de potássio e de matéria orgânica do solo, em diferentes anos. Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, 1995.

Análise de solo	Ano									
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
pH em água 1:1	5,0	5,2	5,1	5,2	5,2	4,7	5,9	6,1	6,3	5,8
A trocável (mmol _c .dm ³)	13,6	5,4	4,9	5,9	9,3	24,7	0,5	0,0	1,6	1,1
Ca + Mg trocável (mmol _c .dm ³)	54	78	73	80	62	74	149	154	168	115
P extraível (mg.kg ⁻¹)	3,4	488	83	86	9,0	14,0	5,5	4,4	6,0	6,8
K trocável (mg.kg ⁻¹)	72	127	147	151	144	164	148	175	165	150
Matéria orgânica (g.kg ⁻¹)	69	70	68	72	72	75	70	77	64	59

TABELA 3. Produtividade cultural (kg/Mcal) e comparação desta em quatro sistemas de rotação para cevada, no ano (inverno + verão) e na média conjunta, pelo teste F, utilizando-se o método de contrastes. Guarapuava, PR. EMBRAPA-CNPT, 1995.

Ano	Sistema de rotação ¹				Contraste					
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV
	----- kg/Mcal -----				----- significância estatística (Teste F) -----					
1984	1,74	2,05	1,83	1,81	*	ns	ns	*	*	ns
1985	1,62	2,26	1,84	1,77	**	ns	ns	**	**	ns
1986	1,29	2,27	1,89	1,72	**	**	**	**	**	*
1987	1,55	1,87	1,57	1,71	**	ns	ns	**	*	*
1988	1,27	2,06	1,88	1,65	**	**	**	*	**	**
1989	1,76	2,63	2,35	2,18	**	**	**	**	**	**
Média 84 a 89	1,54	2,19	1,89	1,81	**	*	ns	*	**	ns
1990	1,40	1,73	1,82	1,91	**	**	**	ns	*	ns
1991	1,63	1,78	2,22	1,85	ns	**	ns	**	ns	*
1992	2,19	2,18	2,07	1,88	ns	ns	*	ns	*	ns
1993	1,50	1,87	1,99	1,86	**	**	**	*	ns	**
Média 90 a 93	1,68	1,89	2,02	1,88	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Sistema I = cevada/soja; Sistema II = cevada/soja e ervilhaca/milho ou aveia-branca/soja; Sistema III = cevada/soja, ervilhaca/milho e linho/soja ou aveia-branca/soja; e Sistema IV = cevada/soja, linho/soja, ervilhaca/milho e aveia-branca/soja.

ns = não-significativo.

* = significativo a 5% de probabilidade.

** = significativo a 1% de probabilidade.

sistema I não diferiu em quatro anos (1984, 1985, 1987 e 1992), e foi inferior em seis anos (1986, 1988, 1989, 1990, 1991 e 1993). O sistema I, comparado com o sistema IV quanto aos índices de produtividade cultural, não diferiu em 1984, em 1985, em 1987 e em 1991, foi superior em um ano (1992), e inferior em cinco anos (1986, 1988, 1989, 1990 e 1993).

Esses resultados demonstram que os sistemas de rotação alternativos (II, III e IV) apresentaram, na maioria dos anos, índices de conversão de energia maiores do que o do sistema I (monocultura cevada/soja). Além disso, o baixo desempenho energético da cultura de cobertura do solo (ervilhaca), no inverno, foi compensado, em parte, pelo maior desempenho do milho, no verão. Resultados similares foram encontrados por Santos & Reis (1994) em relação a ervilhaca (0,15 kg/Mcal) e tremoço (0,07 kg/Mcal), no inverno, e para milho (3,68 kg/Mcal), no verão. Assim, o milho viabilizou as culturas de cobertura de solo pelo au-

mento de produtividade, o que repercutiu diretamente nos índices de produtividade cultural.

O sistema II foi superior ao sistema III em seis anos (1984, 1985, 1986, 1987, 1988 e 1989) para produtividade cultural, inferior em dois anos (1991 e 1993) e não diferiu em dois anos (1990 e 1992). Em comparação ao sistema IV, o sistema II mostrou-se superior em sete anos (1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 e 1992), inferior em um ano (1990) e não diferiu em dois anos (1991 e 1993). O sistema III, em relação ao sistema IV, foi superior em cinco anos (1986, 1988, 1989, 1991 e 1993), inferior em um ano (1987), e não diferiu em quatro anos (1984, 1985, 1990 e 1992).

As alterações feitas nos sistemas II e III, a partir de 1990, trocando, no sistema II, ervilhaca/milho por aveia-branca/soja, e, no sistema III, linho/soja por aveia-branca/soja, causaram impacto negativo no índice de produtividade cultural do sistema II, e pouco impacto no do sistema III, respectivamente. Pode-se observar isso examinando as comparações

entre esses dois sistemas e os outros dois sistemas não alterados nos dois períodos ou por meio dos próprios valores obtidos pelos sistemas II e III, antes e depois das alterações.

No caso do sistema II, quando comparados seus índices de produtividade cultural com os do sistema I antes da alteração, ele foi sempre superior, enquanto após a modificação apresentou-se superior em dois anos e não diferiu nos outros dois anos. Fazendo a mesma observação com relação ao sistema IV, vê-se que o sistema II superou o sistema IV em todos os anos de 1984 a 1989, e após a alteração foi inferior em 1990, superior em 1992, e não diferiu em 1991 e em 1993. Se observados os próprios valores médios anuais de índice de produtividade cultural obtidos pelo sistema, vê-se que no primeiro período, na quase-totalidade dos anos, o sistema II obteve índices acima de 2 kg/Mcal, resultando na média geral de 2,19 kg/Mcal; no segundo período, as médias anuais estiveram, na maioria dos casos, abaixo de 2 kg/Mcal, gerando a média geral de 1,89 kg/Mcal.

Com relação ao sistema III, examinando as comparações anuais dos índices de produtividade cultural com os sistemas I e IV, nos dois períodos, vê-se que não mudou muito o resultado, sendo que em ambos, no geral, o sistema III ou não diferiu ou foi superior. Examinando os valores médios do próprio sistema antes e depois da modificação, nota-se que no segundo período obtiveram-se índices de produtividade cultural em torno de 2 kg/Mcal com mais frequência que no primeiro período, resultando na média geral de 2,02 kg/Mcal contra a de 1,89 kg/Mcal do período 1984 a 1989.

As análises de variância conjuntas dos experimentos, no tocante a produtividade cultural, nos dois períodos, mostraram significância quanto aos efeitos tratamentos (culturas), anos e tratamentos x anos. Entretanto, a comparação dos sistemas através de contrastes indicou diferenças significativas entre as médias gerais dos quatro sistemas apenas no período de 1984 a 1989, onde o sistema II (2,19 kg/Mcal) e o sistema III (1,89 kg/Mcal) diferiram significativamente do sistema I (1,54 kg/Mcal) nos níveis de probabilidade de 1% e 5%, respectivamente, o que mostra que os sistemas alternativos II e III apresentaram melhor conversão de energia, em ter-

mos de índice de produtividade cultural, do que a monocultura cevada/soja (sistema I). O sistema alternativo IV apresentou desempenho médio (1,81 kg/Mcal), no período, equivalente ao sistema I. O sistema II mostrou superioridade aos sistemas III e IV, no geral do período, aos níveis de probabilidade de 5% e 1%, respectivamente. Por sua vez, os sistemas III e IV não diferiram quanto à produtividade cultural.

De 1990 a 1993, os quatro sistemas estudados (I, II, III e IV), com índices de produtividade cultural médios de 1,68 kg/Mcal, 1,89 kg/Mcal, 2,02 kg/Mcal e 1,88 kg/Mcal, respectivamente, não diferiram estatisticamente, embora os valores dos sistemas alternativos II, III e IV tenham sido maiores, em valores absolutos, do que o do sistema I. Há de se considerar que, no período 1990 a 1993, foram envolvidos resultados de quatro anos de experimentação contra seis do período 1984 a 1989, o que resulta na diminuição de graus de liberdade da interação tratamentos x anos, efeito utilizado como erro para fins de comparação de contrastes de tratamentos, de 45 para 27. Isso, em parte, pode explicar a não-captação de diferenças significativas no segundo período.

Deve-se salientar que, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os índices avaliados dos quatro sistemas, no período 1990 a 1993 os sistemas III e II apresentaram, anualmente, índices de produtividade cultural anuais estatisticamente semelhantes ou superiores ao sistema I, o que permite afirmar que os dois sistemas são alternativas melhores do que o binômio cevada/soja. Entre os dois sistemas alternativos, o sistema III se apresenta melhor que o sistema II, pois nos quatro anos do período estudado obteve índices de produtividade cultural superiores em dois anos, e estatisticamente equivalentes nos outros dois.

Santos & Reis (1994), no sul do Brasil, estudando quatro sistemas de rotação para trigo de 1984 a 1988, verificaram que os sistemas alternativos com um (1,73 kg/Mcal), com dois (1,56 kg/Mcal) e com três invernos sem trigo (1,66 kg/Mcal), evidenciaram melhor desempenho no aproveitamento da energia investida, em comparação com a monocultura (1,49 kg/Mcal), sendo o sistema de rotação de culturas com um inverno sem trigo o de

melhor desempenho energético. Zentner et al. (1984), no Canadá, observaram diferenças significativas entre as médias quanto à eficiência energética de um (0,93 kg/Mcal) e de dois invernos sem trigo (0,97 kg/Mcal), em comparação com a monocultura desse cereal (0,68 kg/Mcal). Neste caso, não foi semeada cultura de verão.

Este tipo de trabalho serve para saber se se está utilizando adequadamente os recursos não renováveis, tais como: combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas. Para se chegar a esse detalhamento, torna-se necessário realizar a conversão energética ou o balanço energético dos sistemas que se quer estudar. A conversão energética resulta da energia produzida (rendimento de grãos ou matéria seca, transformados em calorías) pela energia consumida.

Outro ponto que tem chamado a atenção são os coeficientes energéticos dos insumos, das operações de campo e das espécies, que na sua maioria são determinados fora do País. Como pesquisa básica, necessitaríamos gerar esses coeficientes nas nossas condições.

CONCLUSÃO

O sistema III é o que apresenta os maiores índices de produtividade cultural.

REFERÊNCIAS

- BERARDI, G.M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics. *Agro-Ecosystems*, Amsterdam, v.4, n.3, p.367-376, 1978.
- BOHRA, C.P.; VARSHNEY, A.C.; NARANG, S. Energy and cost audit of bullock and power tiller farming system in soybean and wheat crop production. *Journal of Scientific and Industrial Research*, Bhopal, v.49, n.12, p.583-588, 1990.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (IAPAR. Circular, 73).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levanta-**
- mento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. v.1, 412p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 27).
- FELIPPE JUNIOR, G. de; SOCOLOWSKY, J.C.; FANTI, O.D.J. Considerações sobre as tecnologias e a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília, DF. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.21-71.
- HEICHEL, G.H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p.27-33.
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 1986. 139p. Tese de Mestrado.
- PIMENTEL, D. Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980a. p.45-48.
- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980b. 475p.
- 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.
- RIZZARDI, M.A. Conceituações e terminologias sobre rotação de culturas e adubação verde. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.28-33.
- SANTOS, H.P. dos. Rotação de culturas e culturas alternativas no sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F.; ZENTNER, R.P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1991. p.21-30. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 1).

- SANTOS, H.P. dos; LHAMBY, J.C.B.; SANDINI, I. Efeito de sucessões de culturas em plantio direto sobre a soja cultivada em sistemas de rotação de culturas, durante dez anos, em Guarapuava, PR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22., 1994, Cruz Alta, RS. **Soja: resultados de pesquisa 1993/1994**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.113-118. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 17).
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. Eficiência energética dos sistemas de rotação de culturas para trigo, em plantio direto. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo, RS. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.87-91.
- SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 1993. p.85-103.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- ZENTNER, R.P.; CAMPBELL, D.W.; CAMPBELL, C.A.; REID, D.W. Energy considerations of crop rotation in southwestern Saskatchewan. **Canadian Agricultural Engineering**, Ottawa, v.26, n.1, p.25-29, 1984.