

# CONVERSÃO E BALANÇO ENERGÉTICO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS COM PASTAGENS SOB PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

HENRIQUE PEREIRA DOS SANTOS<sup>2</sup>, RENATO SERENA FONTANELI<sup>3</sup>,  
JOÃO CARLOS IGNACZAK<sup>3</sup> e SANDRA MARIA ZOLDAN<sup>4</sup>

RESUMO - Foram avaliados dados obtidos de experimentos conduzidos, no período de 1990 a 1995, na Universidade de Passo Fundo, RS, objetivando estudar a conversão e o balanço energético de quatro sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno. Os quatro sistemas foram constituídos por: sistema I (trigo/soja, aveia-preta/soja e aveia-preta/soja); sistema II (trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho); sistema III (trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho); e sistema IV (trigo/soja, aveia-branca/soja e aveia-branca/soja). As culturas, tanto de inverno como de verão, foram estabelecidas sob sistema plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, e parcelas totalizando 500 m<sup>2</sup>. Os sistemas II e III apresentaram conversão energética (5,78 e 5,44) e balanço energético (23.728 e 21.741 kg/Mcal) superiores aos sistemas I (3,79 e 11.553 kg/Mcal) e IV (4,33 e 12.879 kg/Mcal), respectivamente. Ficou evidenciado que a integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto foi viável, pois a conversão e o balanço energético foram positivos, tendo sido significativamente maiores nos sistemas que incluíram a cultura de milho.

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

## ENERGY CONVERSION AND BALANCE OF GRAIN PRODUCTION SYSTEMS WITH PASTURES UNDER NO-TILLAGE

ABSTRACT - Data obtained from experiments conducted, from 1990 to 1995, at the Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul State, Brazil, were evaluated with the objective to study the energy conversion and balance of four grain production systems with annual winter pastures. Four grain production systems were evaluated: system I (wheat/soybean, black oats/soybean, and black oats/soybean); system II (wheat/soybean and black oats + common vetch/corn); system III (wheat/soybean, black oats + common vetch/soybean, and black oats + common vetch/corn); and system IV (wheat/soybean, white oats/soybean, and white oats/soybean). Both winter and summer crops were grown under no-tillage. The trial was set up blocks at random, with three replications and plots with 500 m<sup>2</sup>. Systems II and III showed higher energy conversion (5.78 and 5.44) and balance rates (23,728 and 21,741 kg/Mcal), as compared to systems I (3.79 and 11,553 kg/Mcal) and IV (4.33 and 12,879 kg/Mcal), respectively. It was evident that the integration crop-livestock under no-tillage is a viable system, since the energetic conversion and balance showed positive results; actually, these rates were significantly higher in the systems including corn crop.

Index terms: energy, calorie, yield.

## INTRODUÇÃO

Movimentos crescentes visando reduzir o uso de insumos agrícolas e implementação de sistemas de cultivos baseados em procedimentos biológicos renovam o interesse de pesquisadores e agricultores em práticas agrícolas, com adubação verde e rotação de culturas, que visem à recuperação e à manuten-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 31 de maio de 1999.

Trabalho parcialmente realizado com recursos da FAPERGS.

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

<sup>3</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa-CNPT.

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., FAMV, UPF, Caixa Postal 611/631, CEP 99001-970 Passo Fundo, RS.

ção da fertilidade dos solos e à redução no consumo de energia (Sarrantonio & Scott, 1988; Oliveira, 1994). Isso tem levado à necessidade de obter sistemas agrícolas mais eficientes na utilização de recursos não-renováveis (combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas e inseticidas) (Zentner et al., 1984).

White (1975) afirma que a produção de cereais e de oleaginosas para consumo humano, em regiões de clima temperado, como na Alemanha, Canadá, Estados Unidos da América, França, Inglaterra e região sul do Brasil, depende de elevado consumo de energia não renovável, pela alta tecnologia usada. De acordo com Wilson & Brigstocke (1980), a obtenção desses mesmos produtos nas regiões de clima tropical pode ocorrer com menor consumo de energia, em função da alta luminosidade (energia radiante).

Por outro lado, buscam-se, nessas regiões, sistemas de produção de grãos ou sistemas mistos (lavoura + pecuária) mais eficientes energeticamente. A energia produzida tem de ser maior do que a energia consumida (Quesada & Beber, 1990).

A utilização de toda a tecnologia disponível, recomendada para os agricultores, em relação às várias espécies em cultivo, pode torná-las mais eficientes energeticamente, se os sistemas de produção forem adequados (Igue, 1980). Com relação a essas afirmações, têm sido desenvolvidos trabalhos em vários países para avaliar a eficiência da conversão energética, principalmente entre as espécies produtoras de grãos e entre os produtos de origem animal (carne e leite) (Berardi, 1978; Pimentel, 1980b; Wilson & Brigstocke, 1980; Quesada et al., 1987; Bohra et al., 1990).

Há poucas pesquisas relacionadas com estudos de conversão e balanço energético em sistemas de rotação de culturas. No Canadá, Zentner et al. (1984, 1989), trabalhando com conversão e balanço energético, em 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, com 12 e com 18 anos de cultivos, respectivamente, sem espécies pastejadas, observaram diferenças significativas para conversão energética, entre os sistemas estudados, somente no primeiro período.

Santos et al. (1995), baseados em experimento com rotação de culturas para trigo, na região de Passo Fundo, RS, durante dez anos, com índices de produ-

tividade cultural, sob preparo convencional de solo, no inverno, e sob sistema plantio direto, no verão, não verificaram diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas para trigo. Santos et al. (1996a, 1996b), em experimento na região de Guarapuava, PR, durante dez anos, sob sistema plantio direto, observaram índices de produtividade cultural mais elevados nos sistemas de rotação, em comparação às monoculturas de cevada e de trigo. Nesses estudos, não havia espécies pastejadas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a conversão e o balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob plantio direto, em Passo Fundo, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, foram utilizados dados obtidos no experimento de sistemas de produção com pastagens anuais de inverno instalado no CEPAGRO-Centro de Extensão e Pesquisa Agronômica, da Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo, RS (28° 15' S, 52° 24' W e 687 m), durante o período de 1990 a 1995, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (Brasil, 1973). As culturas, tanto no inverno como no verão, foram estabelecidas sob sistema plantio direto.

Quatro sistemas de produção com pastagens anuais de inverno foram avaliados no experimento: sistema I (1/3 de trigo + 2/3 de aveia-preta para pastejo/soja), sistema II [1/2 de trigo/1/2 de soja e 1/2 de pastagem consorciada (aveia-preta + ervilhaca)/1/2 de milho], sistema III (1/3 de trigo/1/3 de soja, 1/3 de pastagem consorciada/1/3 de soja e 1/3 de pastagem consorciada/1/3 de milho) e sistema IV (1/3 de trigo + 2/3 de aveia-branca para grãos/soja) (Tabela 1). Em 1990, havia trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*) no lugar de ervilhaca (*Vicia sativa*).

A adubação de manutenção foi realizada de acordo com a recomendação da análise do solo para cada cultura. As amostras de solo foram coletadas após cada três anos, depois das culturas de verão.

Em relação às épocas de semeadura, ao controle de plantas daninhas e aos tratamentos fitossanitários, observaram-se as recomendações referentes a cada cultura, e a colheita foi realizada com automotriz especial para parcelas. 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%.

O ganho de peso dos animais foi estimado através da matéria seca, cuja conversão considerada foi de 10 kg de

forragem seca consumida para 1 kg de ganho de peso vivo dos animais.

O pastejo da aveia-preta e da ervilhaca foi realizado por bovinos mistos (corte e leite) quando a aveia-preta atingiu o aporte de, aproximadamente, 30 cm, deixando-se uma altura de resteva que variava entre 7 a 10 cm. Os bovinos (entre 15 a 18 animais) foram colocados nas parcelas quando o solo não apresentava excesso de umidade, e consumiam a forragem disponível geralmente no primeiro dia. Realizaram-se dois a três pastejos por ano, geralmente em junho, julho e agosto. Nessa ocasião, foram avaliadas a matéria verde e a matéria seca, antes e depois do pastejo. Após o último pastejo, permitia-se um rebrote durante 30 a 40 dias, quando se acumulava uma cobertura verde com teor de 1,5 t a 2,0 t de matéria seca. A vegetação de aveia-preta foi dessecada para a semeadura em plantio direto das culturas de verão.

Os dados de precipitação pluvial observados no período desse estudo, no posto meteorológico padrão, localizado na Embrapa-CNPT, são mostrados na Tabela 2. São relatados os valores médios mensais de 1990/91 a 1995/96, bem como a normal do mesmo período.

Os rendimentos de grãos de cada espécie e o ganho de peso dos animais, de 1990 a 1995, nos diferentes sistemas de produção com pastagens anuais de inverno, podem ser observados na Tabela 3.

A conversão energética dos sistemas estudados resultou da divisão da energia produzida (Mcal/ha) pela

consumida (Mcal/ha), em cada sistema. O balanço energético dos sistemas estudados resultou da diferença entre a energia produzida (Mcal/ha) e a consumida (Mcal/ha), em cada sistema. Como energia produzida, considerou-se a transformação do rendimento de grãos ou da matéria seca, em energia (Tabela 4). Como energia consumida, considerou-se a soma dos coeficientes energéticos equivalentes aos corretivos, aos fertilizantes, às sementes, aos fungicidas, aos herbicidas, aos inseticidas, à vacina e ao sal mineral para animais, utilizados em cada sistema, bem como a energia consumida pelas operações de semeadura, de adubação, de aplicação de produtos, de adubação nitrogenada e de colheita (Tabela 4).

Para os cálculos dos diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos, matéria seca e operações de campo, foram utilizados dados e orientações gerados por Heichel (1980), Pimentel (1980a, 1980b), Marchioro (1985), Mello (1986), Embrapa (1991) e Freitas et al. (1994).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Para tanto, foram utilizadas parcelas totalizando 500 m<sup>2</sup>. Foram efetuadas análises de variância da conversão energética e do balanço energético dentro de cada ano (inverno + verão) e na média dos anos, de 1990 a 1995. Nas análises de variância, consideraram-se como tratamentos as parcelas individuais (culturas) componentes dos sistemas em estudo. Nas análises conjuntas, considerou-se o efeito tratamento como fixo, e o efeito do ano,

**TABELA 1. Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, sob sistema plantio direto, de 1990 a 1995. Passo Fundo, RS<sup>1</sup>.**

Sistema de produção	Ano					
	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Sistema I	T/S	Ap/S	Ap/S	T/S	Ap/S	Ap/S
	Ap/S	Ap/S	T/S	Ap/S	Ap/S	T/S
	Ap/S	T/S	Ap/S	Ap/S	T/S	Ap/S
Sistema II	T/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/M
	Ap+Tv/M	T/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/M	T/S
Sistema III	T/S	Ap+E/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/S	Ap+E/M
	Ap+Tv/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/S	Ap+E/M	T/S
	Ap+Tv/M	T/S	Ap+E/S	Ap+E/M	T/S	Ap+E/S
Sistema IV	T/S	Ab/S	Ab/S	T/S	Ab/S	Ab/S
	Ab/S	Ab/S	T/S	Ab/S	Ab/S	T/S
	Ab/S	T/S	Ab/S	Ab/S	T/S	Ab/S

<sup>1</sup> Ab: aveia-branca; Ap: aveia-preta; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; T: trigo; Tv: trevo vesiculoso.

**TABELA 2. Dados relativos à precipitação pluvial (1990/91 a 1995/96). Passo Fundo, RS.**

Ano	Mês							Total
	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	
----- (mm) -----								
Precipitação pluvial								
Normal 1961 a 1990	141	162	143	148	121	118	131	964
1990/91	243	101	147	30	37	108	46	712
1991/92	81	264	183	164	203	118	387	1.400
1992/93	280	130	256	153	197	75	176	1.267
1993/94	274	259	55	334	70	194	152	1.338
1994/95	138	235	301	84	74	68	21	921
1995/96	78	32	355	135	105	76	74	855

Fonte: Brasil (1992).

**TABELA 3. Rendimento de grãos de espécies e ganho de peso dos animais com pastagens de inverno dos quatro sistemas de produção, de 1990 a 1995. Passo Fundo, RS<sup>1</sup>.**

		Ano									
		1990	1991	1992	1993	1994	1995				
		----- (kg/ha) -----									
Sistema I											
T	S	Ap	S	Ap	S	T	S	Ap	S	Ap	S
1.100	1.550	207 <sup>2</sup>	2.508	374 <sup>2</sup>	2.336	1.870	2.667	345 <sup>2</sup>	2.820	266 <sup>2</sup>	3.220
Ap	S	Ap	S	T	S	Ap	S	Ap	S	T	S
263 <sup>2</sup>	800	179 <sup>2</sup>	2.650	2.980	1.845	229 <sup>2</sup>	2.567	300 <sup>2</sup>	2.775	2.608	2.860
Ap	S	T	S	Ap	S	Ap	S	T	S	Ap	S
305 <sup>2</sup>	900	2.967	2.558	412 <sup>2</sup>	2.068	278 <sup>2</sup>	2.675	2.560	2.668	255 <sup>2</sup>	3.214
Sistema II											
T	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M
1.233	1.650	229 <sup>2</sup>	9.683	2.534	2.568	247 <sup>2</sup>	7.408	2.153	2.747	286 <sup>2</sup>	5.102
Ap+Tv	M	T	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	M	T	S
277 <sup>2</sup>	1.083	2.317	2.891	375 <sup>2</sup>	8.916	1.293	2.767	342 <sup>2</sup>	8.445	2.384	3.402
Sistema III											
T	S	Ap+E	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	S	Ap+E	M
1.158	1.733	242 <sup>2</sup>	2.600	438 <sup>2</sup>	8.412	1.661	2.692	355 <sup>2</sup>	2.861	327 <sup>2</sup>	5.491
Ap+Tv	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	S	Ap+E	M	T	S
325 <sup>2</sup>	950	240 <sup>2</sup>	8.483	2.672	3.022	299 <sup>2</sup>	2.833	358 <sup>2</sup>	7.147	2.484	3.158
Ap+Tv	M	T	S	Ap+E	S	Ap+E	M	T	S	Ap+E	S
274 <sup>2</sup>	755	2.733	3.008	442 <sup>2</sup>	2.445	265 <sup>2</sup>	5.458	2.404	2.845	316 <sup>2</sup>	3.278
Sistema IV											
T	S	Ab	S	Ab	S	T	S	Ab	S	Ab	S
1.067	1.383	1.800	2.275	2.089	2.092	1.551	2.542	683	2.606	1.730	3.334
Ab	S	Ab	S	T	S	Ab	S	Ab	S	T	S
2.350	1.450	1.733	2.458	2.560	1.916	1.784	2.758	597	2.887	2.355	3.299
Ab	S	T	S	Ab	S	Ab	S	T	S	Ab	S
2.300	1.317	2.733	1.992	2.390	1.856	1.612	2.575	2.329	2.744	1.638	3.426

<sup>1</sup> Ab: aveia-branca; Ap: aveia-preta; E: ervilhaca; M: milho; S: soja; T: trigo; Tv: trevo vesiculoso.<sup>2</sup> Ganho de peso dos animais.

**TABELA 4. Coeficientes energéticos por hectare dos insumos, das operações de campo, do rendimento de grãos e da matéria utilizados nos sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em 1995. Passo Fundo, RS<sup>1</sup>.**

Especificação	Unidade	Kcal unidade	Referência
Energia consumida:			
Calcário	t	400.000	Mello (1986)
Semente - aveia-branca	kg	4.108	Heichel (1980)
- aveia-preta	kg	4.108	-
- ervilhaca	kg	7.584	-
- milho	kg	24.806	Heichel (1980)
- soja	kg	7.584	Heichel (1980)
- trigo	kg	3.002	Heichel (1980)
Fertilizante - N	kg	18.518	Marchioro (1985)
- P	kg	3.350	Marchioro (1985)
- K	kg	2.315	Marchioro (1985)
Fungicida - propiconazole	L	64.910	Pimentel (1980a)
Ivermectina	L	64.910	-
Sal	kg	51.600	-
Herbicida - 2,4 - D	L	99.910	Pimentel (1980a)
- atrazina	L	99.910	Marchioro (1985)
- atrazina + metalachlor	L	99.910	Pimentel (1980a)
- atrazina + simazina	L	99.910	Pimentel (1980a)
- clomazoni	L	99.910	Pimentel (1980a)
- diclofop-metil	L	99.910	Pimentel (1980a)
- diuron	L	99.910	Pimentel (1980a)
- diuron + paraquat	L	99.910	Pimentel (1980a)
- glifosate	L	99.910	Pimentel (1980a)
- imazaquin	L	99.910	Pimentel (1980a)
- metribuzin	L	99.910	Pimentel (1980a)
- paraquat	L	62.770	Pimentel (1980a)
- trifluralin	L	86.910	Pimentel (1980a)
Inseticida - formicida	kg	74.300	Pimentel (1980a)
- monocrotofós	L	86.910	Pimentel (1980a)
- lambdacioltrina	L	86.910	Pimentel (1980a)
- permetrina	L	74.300	Pimentel (1980a)
- triclorfon	L	86.910	Pimentel (1980a)
Semeadura e adubação	h/e.t.	6.994	Mello (1986)
Aplicação cobertura ou produto	h/e.t.	2.356	Mello (1986)
Colheita mecânica	h/cal.	187.131	Mello (1986)
Energia produzida:			
- aveia-branca	kg	4.155	Embrapa (1991)
- aveia-preta	kg	1.817	Freitas et al. (1994)
- ervilhaca	kg	2.319	Freitas et al. (1994)
- milho	kg	3.950	Embrapa (1991)
- soja	kg	4.000	Marchioro (1985)
- trigo	kg	3.691	Marchioro (1985)

<sup>1</sup> h/e.t.: hora de trabalho com equipamento e trator; h/cal.: hora de trabalho com colhedora.

como aleatório. 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. Essa metodologia de contrastes (Steel & Torrie, 1980) compara os sistemas dois a dois em uma unidade de base homogênea.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da conversão e do balanço energético, anuais e no conjunto dos anos (1990 a 1995), e as comparações estatísticas através de contrastes, dos quatro sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, podem ser verificadas nas Tabelas 5 e 6. As análises de variância conjuntas para conversão e para o balanço energético mostraram efeito significativo de anos, de tratamentos e da interação anos x tratamentos.

Quanto à conversão energética anual (inverno + verão), houve diferenças significativas entre as médias dos sistemas em todos os anos estudados (Tabela 5). Observou-se que o sistema I foi inferior aos sistemas II e III em todos os anos (1990 a 1995). O sistema I, em relação ao IV, foi inferior em três anos (1990, 1991 e 1995), superior em um ano (1994) e não diferiu nos demais anos (1992 e 1993). Comparando-se com o sistema II, o sistema III foi inferior

em um ano (1991) e não diferiu nos demais anos (1990, 1992 a 1995). Os sistemas II e III não diferiram do sistema IV em dois anos (1990 e 1995), mas foram superiores ao mesmo em quatro anos (1991 a 1994).

Na média dos anos, os sistemas II (5,78) e III (5,44) foram superiores aos sistemas I (3,79) e IV (4,33), para conversão energética (Tabela 5). Por sua vez, o sistema I não diferiu do sistema IV, assim como, o sistema II não diferiu do sistema III.

Os sistemas denominados mistos (lavoura + pecuária: II e III) apresentaram melhor desempenho energético do que o sistema I, também misto, e sistema IV (produção de grãos). É provável que as diferenças entre os sistemas I e IV e dos sistemas II e III seja devido à cultura de milho como um de seus componentes, o que indicaria a importância e o potencial que ela tem como conversora de energia.

A cultura de milho produziu rendimento de grãos relativamente elevado de 1991 a 1995, variando de 5.102 kg/ha a 9.683 kg/ha (Fontaneli et al., 1996) (Tabela 3). Por outro lado, a cultura de soja produziu rendimento de grãos baixo em 1990 (de 800 kg/ha a 1.733 kg/ha), médio em 1992 e 1993 (de 1.845 kg/ha a 3.022 kg/ha) e alto de 1993 a 1995 (de 2.542 kg/ha a 3.426 kg/ha). No ano de 1990/91, houve um período seco acentuado nos meses de fevereiro (30 mm) e março (37 mm) (Tabela 2). Isso, por si só, explica o

**TABELA 5. Conversão energética de quatro sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, utilizando-se o método de contraste, de 1990 a 1995. Passo Fundo, RS.**

Ano	Sistema de produção <sup>1</sup>									
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV
	----- Contrastes entre sistemas (P>F) -----									
1990	2,02	2,98	3,06	3,19	**	**	**	ns	ns	ns
1991	3,35	6,44	5,42	4,33	**	**	**	**	**	**
1992	4,14	7,04	6,91	4,63	**	**	ns	ns	**	**
1993	3,95	5,91	5,34	4,28	**	**	ns	ns	**	**
1994	5,01	6,88	6,65	4,08	**	**	**	ns	**	**
1995	4,28	5,41	5,29	5,49	**	**	**	ns	ns	ns
Média	3,79	5,78	5,44	4,33	**	**	ns	ns	**	**

<sup>1</sup> Sistema I: trigo/soja, aveia-preta/soja e aveia-preta/soja; Sistema II: trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho; Sistema III: trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho; Sistema IV: trigo/soja, aveia-branca/soja e aveia-branca/soja.

ns e \*\* Não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

baixo desempenho energético dos sistemas I e IV. A cultura de trigo, que fez parte de todos os sistemas, igualmente produziu relativamente bem, na maioria dos anos estudados (1991, 1992, 1994 e 1995) (Tabela 3).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (1996a, 1996b), comparando índices de produtividade cultural (resultado da divisão do rendimento de grãos de cada espécie pela energia consumida) em sistemas de rotação de culturas para cevada e para trigo, durante dez anos, sob sistema plantio direto, no Estado do Paraná. Os melhores sistemas de rotação de culturas para essas gramíneas foram aqueles com dois e três invernos de rotação, em relação às monoculturas cevada/soja ou trigo/soja. Nesses trabalhos, não havia espécies em pastejo.

Zentner et al. (1984), trabalhando com 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, durante 12 anos, verificaram diferenças significativas na conversão energética de sistemas com um inverno sem trigo (0,93) e com dois invernos sem trigo (0,97), em comparação com a monocultura desse cereal (0,68). Zentner et al. (1989), avaliando esses sistemas, durante 18 anos, não encontraram diferenças significativas entre os mesmos. Em ambos os casos, não foi semeada cultura no verão e nem havia espécies em pastejo.

Neste estudo, todos os sistemas considerados foram superiores à unidade (1,0), significando que todos eles são conversores positivos de energia, produzindo 2,02 a 7,04 vezes mais energia do que a consumida (energia não renovável). De acordo com Quesada & Beber (1990), isso caracteriza um balanço energético positivo e sustentado entre os sistemas estudados. Quando menor do que 1,0, o balanço energético é negativo.

Em todos os anos estudados, o balanço energético anual (inverno + verão) dos sistemas diferiram significativamente entre si (Tabela 6). Os sistemas II e III foram superiores ao sistema I em todos os anos (1990 a 1995). O sistema I foi inferior ao sistema IV em dois anos (1990 e 1995), superior em um ano (1994) e não diferiu em três anos (1991 a 1993). Comparando-se o sistema II com o sistema III, nota-se que o II foi superior ao III nos anos de 1991, 1993 e 1994 e não diferiu nos anos de 1990, 1992 e

1995. Por sua vez, os sistemas II e III não diferiram no ano de 1990 e, foram superiores nos cinco anos (1991 a 1995), em relação ao sistema IV.

Na média dos anos, os sistemas II (23.728 kg/Mcal) e III (21.741 kg/Mcal) foram superiores quanto ao balanço energético, em comparação aos sistemas I (11.553 kg/Mcal) e IV (12.879 kg/Mcal) (Tabela 6). Por sua vez, o sistema I não diferiu do sistema IV, assim como, o sistema II não diferiu do sistema III. Os maiores índices de balanço energético dos sistemas II e III foram reflexo da cultura de milho, que aproveitou melhor a energia disponível, proporcionando aos sistemas, maiores rendimentos de grãos.

Para balanço energético ou energia líquida, repetiu-se o desempenho da conversão energética dos sistemas mistos (II e III). Neste trabalho, os sistemas avaliados mostraram balanço energético positivo, o que significa que todos eles produziram mais energia do que consumiram. Nesse caso, os sistemas estudados podem ser considerados como sustentáveis do ponto de vista energético.

Zentner et al. (1984, 1989) conduziram trabalhos com 12 sistemas de rotação de culturas para trigo, durante 12 e 18 anos, respectivamente, e não verificaram diferenças significativas quanto ao balanço energético entre um ou dois invernos sem essa gramínea e a monocultura. Em ambos os casos, não foi semeada a cultura de verão e nem havia espécies em pastejo.

As tecnologias agrícolas utilizadas nos sistemas estudados no presente trabalho foram eficientes em termos de conversão e de balanço energético. Em ambos os casos, destacaram-se os sistemas II (trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca pastejadas/milho) e III (trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca pastejadas/soja e aveia-preta + ervilhaca pastejadas/milho). Assim, a integração lavoura + pecuária tornou esses sistemas mais eficientes, sem aumentar o consumo de energia não renovável (exemplos: combustíveis, fertilizantes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, vacina e sal para animais).

Muitas vezes, a pecuária é vista como uma atividade que dificulta a agricultura, principalmente quando se trata de sistema plantio direto. Pelo verificado neste trabalho, a engorda de animais durante o período de inverno foi uma alternativa positiva para rotacionar com a lavoura (trigo). Nesse caso, as ati-

**TABELA 6. Balanço energético e sua comparação em quatro sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de invernos, no ano (inverno + verão) e na média dos anos, pelo teste F, utilizando-se o método de contraste, de 1990 a 1995. Passo Fundo, RS.**

Ano	Sistema de produção <sup>1</sup>									
	I	II	III	IV	I x II	I x III	I x IV	II x III	II x IV	III x IV
	----- (kg/Mcal) -----				----- Contrastes entre sistemas (P>F) -----					
1990	4.626	9.024	9.768	9.107	**	**	**	ns	ns	ns
1991	11.251	28.941	23.503	13.255	**	**	ns	**	**	**
1992	12.740	30.533	29.233	13.461	**	**	ns	ns	**	**
1993	11.942	23.241	19.973	12.521	**	**	ns	*	**	**
1994	14.575	28.712	25.544	11.786	**	**	*	*	**	**
1995	14.182	21.919	22.427	17.144	**	**	**	ns	**	**
Média	11.553	23.728	21.741	12.879	**	**	ns	ns	**	**

<sup>1</sup> Sistema I: trigo/soja, aveia-preta/soja e aveia-preta/soja; Sistema II: trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho; Sistema III: trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho; Sistema IV: trigo/soja, aveia-branca/soja e aveia-branca/soja.

ns, \* e \*\* Não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

vidades da propriedade se completaram sem competir entre si. Felizmente, já há, no Estado e na Região do Planalto Médio, bons exemplos de propriedades que conjugam a lavoura anual com a pecuária de corte e de leite, com sucesso.

Dessa forma, está sendo praticada uma agricultura mais estável, equilibrada em seus componentes e que possibilita um maior período de utilização do solo com culturas anuais (Medeiros, 1984). Isso significa utilizar o solo de forma eficiente, permitindo que ele produza cada vez mais alimentos e com menor custo e, ao mesmo tempo, mantenha ou aumente o nível de produtividade da terra.

Na avaliação da fertilidade do solo, em maio de 1996, não houve diferenças significativas entre as médias dos diferentes sistemas de produção estudados, para os valores de pH, de Al trocável e de Ca + Mg trocáveis do solo. A diferença significativa que houve com relação aos teores de matéria orgânica, P extraível e K trocável, pode ser considerada irrelevante, do ponto de vista agrônomo.

O pH do solo, na avaliação de maio de 1996 e em todos os sistemas, esteve mais baixo na camada 0-5 cm (5,1) do que nas camadas 5-50 cm (5,3) e 10-20 cm (5,2). Por sua vez, o Al trocável aumentou gradativamente da camada 5-10 cm (7,6 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)

para a camada 20-30 cm (23,3 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>). O valor médio de Ca + Mg trocáveis do solo mostrado na camada 0-5 cm (60,4 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) a 10-20 cm (61,3 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) é considerado alto para o crescimento e desenvolvimento das culturas presentes na região.

Quanto aos valores de matéria orgânica, em todos as seqüências houve redução progressiva da camada superficial (34,0 g/kg) para a camada mais profunda (23,8 g/kg). O teor de P extraível (23 mg/kg) e de K trocável do solo (152 mg/kg) na camada superficial (0-5 cm), em todas as rotações de inverno, foi superior ao valor considerado crítico nesse tipo de solo (12,0 mg/kg e 120 mg/kg, respectivamente), para crescimento e desenvolvimento das culturas presentes na região.

## CONCLUSÕES

1. Os sistemas II (trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho) e III (trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca/soja e aveia-preta + ervilhaca/milho) são os mais eficientes energeticamente.

2. A integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto é viável, pois tanto a conversão como o balanço energético são positivos.

## 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**, New Delhi, v.49, n.12, p.583-588, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Concórdia, SC). **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia, 1991. 97p. (Embrapa-CNPISA. 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, incluindo soja e pastagens anuais, sob plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Soja: resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1995/96**. Passo Fundo, 1996. p.187-195. (Embrapa-CNPIS. Documentos, 28).
- FREITAS, E.A.G. de; DUFLOTH, J.H.; GREINER, L.C. **Tabela de composição química-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina**. Florianópolis : EPAGRI, 1994. 33p. (EPAGRI. Documentos, 155).
- HEICHEL, G.H. Assessing the fossil energy costs of propagating agricultural crops. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton : CRC, 1980. p.27-33.
- IGUE, K. Energia e agricultura. In: IAPAR (Londrina, PR). **Manual agropecuário para o Paraná**. Londrina, 1980. v.3, p.217-228.
- MARCHIORO, N. de P.X. Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas. In: IAPAR (Curitiba, PR). **1º Treinamento em análise ecoenergética de sistemas agrícolas**. Curitiba, 1985. p.24-40.
- MEDEIROS, R.B. de. Efeito das pastagens nas rotações agrícolas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1.; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLO DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo : UPF/PIUCS, 1984. p.183-217.
- MELLO, R. de. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina**. Florianópolis : UFSC, 1986. 139p. Tese de Mestrado.
- OLIVEIRA, E.L. de. Coberturas verdes de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.235-241, maio/ago. 1994.
- 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, 1980a. p.45-48.
- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton : CRC, 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.
- SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; LHAMBY, J.C.B. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para trigo, durante dez anos, em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.12, p.1397-1402, dez. 1995.
- SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; SANDINI, I. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas para cevada, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.10, p.721-727, out. 1996a.
- SANTOS, H.P. dos; IGNACZAK, J.C.; WOBETO, C. Produtividade cultural de sistemas de rotação de culturas com trigo, sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.277-282, abr. 1996b.

- SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.52, n.6, p.1661-1668, 1988.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**: a biometrical approach. 2.ed. New York : McGraw-Hill, 1980. 633p.
- WHITE, D.J. Energy in agricultural systems. **The Agricultural Engineer**, Bedford, v.30, n.3, p.52-58, 1975.
- WILSON, P.N.; BRIGSTOCKE, T.D.A. Energy usage in British agriculture: a review of future prospects. **Agricultural Systems**, Barking, v.5, n.1, p.51-70, 1980.
- 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.; STUMBORG, M.A.; CAMPBELL, C.A. Effect of crop rotations and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.25, n.2/3, p.217-232, 1989.