

10. Efeito de sistemas de manejo do solo na conversão e no balanço energético envolvendo a cultura de trigo

Santos, H.P. dos¹, Fontaneli, R.S.^{1,2}; Spera, S.T.^{1,3}; Paza, A.P.⁴ ⁽¹⁾ Embrapa Trigo Cx. P. 451. CEP 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br; ⁽²⁾ Professor da UPF/FAMV. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. Bolsista do CNPq-PQ. ⁽³⁾ Doutorando do PPGAgrô/UPF. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br; ⁽⁴⁾ Acadêmica de agronomia da FAMV/UPF. Bolsista de IC da FAPERGS.

O balanço energético constitui importante instrumento para tomada de decisões relativas à adoção de novas técnicas e manejos agropecuários, com potencial para economizar energia e aumentar a eficiência dos insumos, reduzindo custos em sistemas de produção, que apresentam uso intensivo energético em suas várias formas (Campos e Campos, 2004). Assim, a geração de informações específicas para espécies em sistemas de manejo de solo ou rotação de culturas torna-se de grande valor.

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de sistemas de manejo do solo na conversão e no balanço energético envolvendo a cultura de trigo.

Dados de rendimento de grãos obtidos no experimento de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico serviram de base para este trabalho.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de manejo de solo – 1) plantio direto, 2) preparo de solo com implemento para cultivo mínimo marca Jan, no inverno, e semeadura direta, no verão, 3) preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão, e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão – e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja em monocultura), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo e aveia branca/soja).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal (4 m de largura por 90 m de comprimento) foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas (4 m de largura por 10 m de comprimento), pelas culturas componentes das rotações de culturas. No presente trabalho serão abordados os dados sobre sistemas de manejo do solo.

A semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários foram realizados para cada cultura, conforme a recomendação, e a colheita das culturas produtoras de grãos foi realizada com colhedora especial para parcelas experimentais. O rendimento de grãos de aveia branca, milho, soja e trigo foi corrigido para umidade de 13 %.

Na quantificação dos dados obtidos das culturas utilizou-se as matrizes de produção a partir das quais procederam as transformações para contabilizar a energia disponível e consumida nestes processos. Para os cálculos dos diversos índices envolvendo sistemas, rendimento de grãos, quantidade de palha remanescente, quantidade de N na matéria seca e operações de campo, foram empregados dados e orientações gerados por Pimentel (1980), Zentner et al. (1984), Embrapa (1991), Freitas et al. (1994) e Marchioro (1985). No caso da

ervilhaca, de 1997 a 2003, considerou-se como rendimento a contribuição auferida considerando percentual de nitrogênio da matéria seca. Os dados foram transformados em MJ ($\text{kcal} \times 1.000 \times 4,186\text{J}$).

Como energia disponível ou receita energética (MJ ha^{-1}), considerou-se a transformação em energia do rendimento de grãos, da quantidade de N na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies. Como energia disponível (MJ ha^{-1}), considerou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas e inseticidas usados em cada sistema de manejo do solo, bem como a energia consumida pelas operações (manejo de solo, semeadura, adubação, aplicação de defensivos e colheita). A conversão energética resulta da divisão da energia disponível (MJ ha^{-1}) pela consumida (MJ ha^{-1}), em cada sistema. O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível (MJ ha^{-1}) e a consumida (MJ ha^{-1}), em cada sistema.

A análise estatística consistiu na análise de variância da conversão energética e do balanço energético, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, nos períodos de 1997 a 2003. Na análise da variância, consideraram-se as energias disponível e consumida pelas culturas componentes dos sistemas de manejo do solo. Nas análises conjuntas, consideraram-se os tratamentos como efeito fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Devido ao número balanceado de parcelas nos sistemas de manejo de solo, as diferenças entre as médias de tratamentos foram avaliadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % utilizando-se o pacote estatístico SAS versão 8.2..

Ao se compararem as médias de 1997/98 a 2003/04, observaram-se diferenças significativas entre os sistemas de manejo de solo para conversão energética em todas as safras estudadas e na média conjunta das safras (Tabela 1). Nas safras de 1997/98, 1998/99, 1999/00, 2000/01 e 2002/03, o sistema plantio direto apresentou maior valor de conversão energética do que os demais sistemas de manejo de solo. Na safra de 2001/02, o sistema plantio direto, o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de discos mostraram valores mais elevados para conversão energética. Entretanto, preparo convencional de solo com arado de discos foi semelhante estatisticamente ao preparo de convencional de solo com arado de aivecas. Na safra de 2003/04, o cultivo mínimo, preparo convencional de solo com arado de aivecas e com arado de discos manifestaram índices mais elevados de conversão energética. Contudo, o preparo convencional de solo com arado de aivecas foi estatisticamente equivalente ao plantio direto.

Na média conjunta das safras (1997/98 a 2003/04), o plantio direto apresentou conversão energética superior à do cultivo mínimo e à do preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas. A maior conversão energética no sistema plantio direto, em relação aos sistemas de preparo convencionais de solo, pode ser explicada, em parte, pela redução das demandas energéticas propiciadas pela diminuição no número de operações agrícolas (Zentner et al., 1991; Hernánz et al., 1995; Borin et al., 1997). Além disso, deve-se considerar que, em todos sistemas de manejo de solo desse estudo, foi computada também a palhada remanescente como energia disponível, que no plantio direto foi mais elevada do que nos demais sistemas estudados.

Neste trabalho, os sistemas de manejo de solo avaliados mostraram índices de conversão energética positivo, o que significa que todos produziram mais

energia do que consumiram. Nesse caso, os sistemas de manejo de solo estudados podem ser considerados sustentáveis do ponto de vista energético.

Nas médias comparando o balanço energético de 1997/98 a 2003/04, houveram diferenças significativas entre os sistemas de manejo do solo em todas as safras estudadas e na média conjunta das safras (Tabela 2). Nas safras de 1997/98, 1998/99, 1999/00, 2000/01 e 2002/03, o balanço energético do sistema plantio direto foi superior aos demais sistemas de manejo de solo. Na safra de 2001/02, o plantio direto e o cultivo mínimo apresentaram os melhores balanços energéticos. Entretanto, o cultivo mínimo foi semelhante estatisticamente ao preparo convencional de solo com arado de discos. Por sua vez, nessa safra, o preparo convencional de solo com arado de aivecas apresentou o menor valor. Na safra de 2003/04, o cultivo mínimo e o preparo convencional de solo com arado de discos e com arado de aivecas os maiores balanços energéticos. Todavia, estes dois últimos sistemas se equivale estatisticamente com o sistema plantio direto.

Na média conjunta das safras (1997/98 a 2003/04), o plantio direto foi superior aos demais sistemas de manejo de solo para os índices de balanço energético. O cultivo mínimo situou-se em posição intermediária para o índice de balanço energético, enquanto que o preparo convencional de solo com arado de discos e de com arado de aivecas, os menores. Neste estudo, o sistema de manejo de solo que mais consumiu energia (preparo convencional de solo com arado de aivecas) obteve o menor retorno energético.

O plantio direto foi o sistema de manejo de solo mais eficiente energeticamente, em relação aos demais sistemas de manejo de solo.

Referências bibliográficas

BORIN, M.; MENINI, C.; SARTORI, L. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.40, n.3/4, p.209-226, 1997.

CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agrossistemas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1977-1985, 2004.

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. 97p. (Documentos, 19).

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. (Documentos, 155).

HERNÁNZ, 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.

MARCHIORO, N.P.X. Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas. In: TREINAMENTO EM ANÁLISE ECOENERGÉTICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS, 1., 1985, Curitiba, PR. Curitiba : Iapar, 1985. p.24-40.

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

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.; 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.

Tabela 1. Efeito de sistemas de manejo de solo na conversão energética nas safras (inverno + verão) de 1997/98 a 2003/04. Passo Fundo, RS

Safras	Conversão energética (MJ ha ⁻¹)				Média
	Tipo de manejo de solo (inverno + verão)				
	PD ¹	PCD	PCA	PM	
1997/98	75,26A ²	51,49BC	44,46C	60,36B	57,89
1998/99	68,91A	40,86C	39,31C	58,19B	51,82
1999/00	87,86A	53,83C	53,20C	74,46B	67,34
2000/01	91,97A	59,11C	57,35C	78,57B	71,75
2001/02	63,84A	61,32AB	58,31B	62,33A	61,45
2002/03	83,93A	76,27B	73,30B	76,52B	77,51
2003/04	35,29B	37,55AB	38,18A	38,01A	37,26
Média	72,44A	54,35C	52,02C	64,06B	60,72

¹PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

²Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan ao nível de 5 %.

Tabela 2. Efeito de sistemas de manejo de solo no balanço energético nas safras (inverno + verão) de 1997/98 a 2003/04. Passo Fundo, RS

Safrá	Balanço energético (MJ ha ⁻¹)				Média
	Tipo de manejo de solo (inverno + verão)				
	PD ¹	PCD	PCA	PM	
1997/98	200.497 ^{a2}	139.193BC	113.487C	160.269B	153.362
1998/99	199.132 ^a	108.342C	103.114C	165.979B	144.141
1999/00	249.661 ^a	141.416C	140.528C	211.108B	185.678
2000/01	240.699 ^a	146.477C	141.432C	202.561B	182.792
2001/02	145.397 ^a	134.576BC	128.791C	142.429AB	137.799
2002/03	214.985 ^a	187.830BC	181.317C	198.161B	195.574
2003/04	84.988B	87.044AB	88.446AB	90.937A	87.856
Média	190.766 ^a	134.982C	128.159C	167.349B	155.314

¹PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão; e PM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

²Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan ao nível de 5 %.