



Efeito de práticas culturais no balanço energético

Henrique Pereira dos Santos¹, Renato Serena Fontaneli², Silvio Tulio Spera³, Geizon Dreon⁴ e Cedenir Medeiros Scheer⁵

¹Eng. Agrôn., Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS, Brasil. Bolsista CNPq-PQ. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. ²Eng. Agrôn., Embrapa Trigo e Professor Titular da FAMV/UPF. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. ³Eng. Agrôn., Embrapa Agrossilvipastoril. Av. das Itaúbas, 3257 – Setor Comercial, 78550-194 Sinop, MT, Brasil E-mail: silvio.spera@embrapa.br. ⁴Acadêmico de Agronomia da UPF/FAMV, Passo Fundo, RS. Bolsista de Iniciação Científica - CNPq, na Embrapa Trigo. E-mail: geizon_dreon@hotmail.com. ⁵Téc. Agric., Embrapa Trigo. E-mail: cedenir@cnpt.embrapa.br.

O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando sua demanda total, a eficiência refletida pelo ganho líquido de energia e pela relação saída/entrada (energia disponível/energia consumida) e a energia necessária para produzir ou processar um quilograma de determinado produto (Quesada & Costa Beber, 1990; de mori, 1998; Siqueira et al., 1999; Bueno et al., 2000). Nesse processo identificam-se e quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia. Assim, a análise de fluxo energético requer a unificação do produto de diferentes fontes e conversores de energia, como máquinas, trabalho humano e combustível, em uma mesma unidade calórica (COMITRE, 1995). Existem relativamente poucos trabalhos sobre balanço energético com tipos de manejo de solo e de rotação de culturas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de práticas culturais no balanço energético.

Foram obtidos dados de rendimento de grãos, rendimento de matéria seca, da quantidade de N na matéria seca e da quantidade de palha remanescente das espécies das parcelas no experimento de tipos de manejo de solo e de rotação de culturas envolvendo a cultura de trigo, instalado na Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, de 2004 a 2009, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Estes dados serviram de base para os resultados do presente trabalho.

Os tratamentos consistiram em quatro tipos de manejo de solo - 1) sistema plantio direto, 2) cultivo mínimo, 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/sorgo) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/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 tipos de manejo de solo, e as subparcelas (4 m de largura por 10 m de comprimento), pelas culturas componentes das rotações de culturas.

Na quantificação dos dados das culturas utilizaram-se as matrizes de produção, a partir das quais se procederam as transformações para contabilizar a energia disponível e a consumida nesses processos (DE MORI, 1998). Para os cálculos dos diversos índices envolvendo tipos de manejo de solo e de rotação de culturas, rendimento de grãos, rendimento de matéria seca, 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), Marchioro (1985), Monegat (1998) e Santos et al. (2001). No caso da ervilhaca, considerou-se como rendimento, a contribuição auferida como base no percentual de nitrogênio e palha da matéria seca. Os dados foram transformados em Mcal (kcal x 1.000).

Como energia disponível ou receita energética (Mcal/ha), 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 consumida ou energia cultural (Mcal/ha), estimou-se a soma dos coeficientes energéticos correspondentes aos corretivos, fertilizantes, sementes, fungicidas, herbicidas e inseticidas usados em cada tipo de manejo de solo ou de rotação de cultura, bem como a energia consumida em operações (semeadura, adubação, aplicação de pesticidas e colheita). O balanço energético resulta da diferença entre a energia disponível e a consumida, em cada tipo de manejo de solo ou de rotação de culturas.

A análise estatística consistiu na análise de variância do balanço energético, dentro de cada ano (inverno + verão) e na média conjunta dos anos, no período de 2004/05 a 2009/10. Na análise da variância, consideraram-se as energias disponível e consumida pelas culturas que compõem os tipos de manejo de solo e de rotação de culturas. Nas análises conjuntas, consideraram-se os tratamentos como efeito fixo, e o efeito do ano, como aleatório. Os parâmetros em estudo foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa estatístico SAS versão 8.2 (Sas, 2003). As médias dos tipos de manejo de solo ou de rotação de culturas foram avaliadas, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Houve diferenças entre as médias de cada ano, do balanço energético isolado do rendimento de matéria seca das culturas de inverno e de verão, dos tipos de manejo de solo. Nesse período de 2004/5 a 2009/10, o sorgo foi a cultura mais eficiente na conversão de energia do que as demais (Tabela 1). A ervilhaca mostrou o menor retorno energético. Porém, todas as demais espécies estudadas (aveia branca, ervilhaca, trigo, soja e sorgo), de inverno e de verão, consumiram menor energia do que retiraram do sistema.

Tabela 1. Balanço energético (Mcal/ha) do rendimento de matéria seca e das culturas de inverno e de verão, na média dos anos, de tipos de manejo do solo e de sistemas de rotação de culturas, de 2004/05 a 2009/10. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.

Safras	Culturas					
	Aveia branca	Ervilhaca	Soja	Sorgo	Trigo	Média
	Mcal/ha					
2004/05	22.539 B	7.709 D	1.593 E	11.447 C	25.130 A	13.684
2005/06	24.057 B	6.329 D	13.659 C	37.723 A	21.154 B	20.584
2006/07	24.820 B	5.915 D	19.250 C	37.044 A	20.253 BC	21.456
2007/08	17.030 B	1.894 D	16.927 B	39.043 A	9.907 C	16.960
2008/09	30.296 A	2.960 D	15.372 C	16.451 C	21.986 B	17.413
2009/10	30.378 A	2.630 D	16.926 C	21.896 B	18.565 BC	18.079
Média	24.853 B	4.573 E	13.954 D	27.282 A	19.499 C	18.032

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

Quando se comparou as médias do balanço energético de 2004/05 a 2009/10, houve diferenças entre os tipos de manejo do solo, em quatro dos seis anos estudadas e na média conjunta dos anos (Tabela 2). Nos anos de 2005/06, 2006/07 e 2008/09, o balanço energético



do sistema plantio direto foi superior ao dos demais tipos de manejos de solo. A maior conversão energética no sistema plantio direto, em relação aos manejos com preparo convencionais de solo, pode ser explicada, em parte, pela redução das demandas energéticas propiciadas pela diminuição no número de operações agrícolas. No ano de 2007/08, o sistema plantio direto e o cultivo mínimo mostraram os melhores balanços energéticos.

Tabela 2. Efeito de tipos de manejo de solo no balanço energético (Mcal/ha), nas safras (inverno + verão) de 2004/05 a 2009/10. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.

Safras	Tipos de manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	PM	
			Mcal/ha		
2004/05	24.115 A	24.596 A	21.871 A	24.492 A	23.369 c
2005/06	46.123 A	34.169 C	32.059 C	41.155 B	38.376 a
2006/07	61.674 A	30.673 C	30.868 C	42.449 B	41.416 a
2007/08	40.066 A	25.253 B	28.530 B	37.295 A	32.786 b
2008/09	41.138 A	27.644 B	29.520 B	32.859 B	32.790 b
2009/10	41.233 A	31.591 A	29.341 A	33.052 A	33.804
Média	42.391 A	28.988 C	28.698 C	35.217 B	33.823

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

Na média conjunta dos anos (2004/05 a 2009/10), os índices de balanço energético do sistema plantio direto foram superiores aos demais tipos de manejo de solo (Tabela 2). O índice do cultivo mínimo posicionou-se entre os demais e o do sistema plantio direto. Neste estudo, o tipo de manejo de solo que mais consumiu energia (preparo convencional de solo com arado de aivecas) obteve o menor retorno energético. Na avaliação dos primeiros dez anos (1986 a 1995) dos resultados do experimento, realizada por Santos et al. (2003), não foi observada diferença do índice entre o balanço energético do sistema plantio direto e do cultivo mínimo, mas foi superior aos preparos convencionais de solo com arado de discos e com arado de aivecas.

Na maioria dos anos estudados e na média conjunta dos anos, houve diferenças entre o balanço energético obtido nos diferentes sistemas de rotação de culturas avaliados (Tabela 3). No ano de 2006/07 e 2007/08, os sistemas II e III mostraram maior balanço energético, em relação ao sistema I. Porém, no ano de 2008/09, os sistemas I e III, mostraram maior balanço energético, em comparação ao sistema II. No ano de 2009/10, o sistema III foi superior ao sistema I. Na média conjunta dos anos (2004/05 a 2009/10), dos índices de balanço energético, o sistema III foi superior aos sistemas I e II. Isso pode ser devido, em parte, à cultura do sorgo, que foi a espécie mais eficiente no aproveitamento da energia disponível.

Os maiores índices de balanço energético ocorrem no sistema plantio direto, em comparação aos demais tipos de manejo de solo.

Tabela 3. Efeito de sistemas de rotação de culturas no balanço energético (Mcal/ha), nas safras (inverno + verão) de 2004/05 a 2009/10. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.



Safrá	Sistemas de rotação de culturas			
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Média
2004/05	25.420 A	22.588 A	24.006 A	23.369 c
2005/06	33.813 A	40.240 A	38.655 A	38.376 a
2006/07	36.037 B	41.982 A	42.832 A	41.416 a
2007/08	23.057 B	31.746 A	36.723 A	32.786 b
2008/09	36.422 A	27.324 B	35.224 A	32.790 b
2009/10	25.342 B	31.215 AB	38.351 A	33.804 b
Média	30.015 B	32.516 B	35.965 A	33.823

Sistema I: trigo/soja; Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/sorgo; e Sistema III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/sorgo. Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal e minúscula, na vertical, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os sistemas de rotação trigo/soja e ervilhaca/milho e trigo/soja, ervilhaca/sorgo e aveia branca/soja, por serem mais eficientes energeticamente devem ser preferidos, em substituição à monocultura trigo e soja.

Referências

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: autor do livro no todo. **Avances en ingeniería agrícola**. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2000. p. 477-482.

COMITRE, V. A eficiência energética na atividade florestal. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 25, n. 10, p. 61-67, 1995.

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.

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

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.

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

QUESADA, G. M.; COSTA BEBER, J. A. C. Energia e mão-de-obra. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 62, p. 21-26, 1990.



SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, C. Conversão e balanço energético de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 9, n. 1/2, p. 113-120, 2003.

SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B.; IGNACZAK, J. C.; SCHENEIDER, G. A. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, n. 2, p. 191-198, 2001.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C. A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 80-89, 1999.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. **SAS system for Microsoft Windows, version 8.2**. Cary, 2003.

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.