

## TROCAS DE ENERGIA NA SUPERFÍCIE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL: II. BALANÇO DE ENERGIA

FLÁVIA COMIRAN<sup>1</sup>, HOMERO BERGAMASCHI<sup>2</sup>, BRUNA M. M. HECKLER<sup>1</sup>,  
GENEI A. DALMAGO<sup>3</sup>, JOÃO I. BERGONCI<sup>4</sup>, LUCIETA G. MARTORANO<sup>5</sup>,  
JEFFERSON H. KUNZ<sup>6</sup>, FABRÍCIO DAL SIN<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Mestranda PPG Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS, Fone: (0 xx 51) 3308 6571, flaviacomiran@pop.com.br. <sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Dep. Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, FA/UFRGS, Porto Alegre – RS. Bolsista CNPq. <sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador Doutor, Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS. <sup>4</sup> Biólogo, Prof. Doutor, Dep. Botânica, Instit. Biociências, UFRGS, Porto Alegre – RS. <sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador Doutor, Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RS. <sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Mestre, FA/UFRGS, Porto Alegre – RS. <sup>7</sup> Acadêmico bolsista PIBIC/CNPq, FA/UFRGS, Porto Alegre – RS.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
– 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi quantificar os componentes do balanço de energia na superfície do solo, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), em Eldorado do Sul, Brasil (30°05'S e 51°39'W), antes e depois da semeadura do milho. Mediu-se radiação solar global ( $R_g$ ), saldo de radiação ( $R_n$ ) e fluxo de calor no solo ( $S$ ). Calculou-se a transferência de energia para a atmosfera na forma de calor sensível e calor latente de evaporação ( $H+LE$ ). Os fluxos  $R_n$  e  $S$  foram maiores em PC que em PD, ocorrendo o contrário para  $H+LE$ . Antes da semeadura  $R_n$  foi maior em plantio direto. Após a semeadura o fluxo  $S$  aumentou em PC e diminuiu em PD. Em ambos sistemas os fluxos  $H+LE$  aumentaram em módulo após a semeadura do milho, com maior incremento em PC que em PD. Em totais diurnos,  $R_n$  destinado ao solo foi 20% em PD e 40% em PC e para a atmosfera 80% em PD e 60% em PC.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço de energia, saldo de radiação, plantio direto, preparo do solo.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to quantify components of the energy balance on the soil surface, in no-tillage (NT) and conventional tillage (CT) in Eldorado do Sul, Brazil (30°05'S e 51°39'W), before and after the sowing of maize crops. The global solar radiation ( $R_g$ ), net radiation ( $R_n$ ) and soil heat flux were measured. The transfer of energy to the atmosphere as sensible heat and latent heat ( $H+LE$ ) was calculated. The fluxes of  $R_n$  and  $S$  were higher on NT than on CT, while the contrary occurred with  $H+LE$ . Highest  $R_n$  occurred in no-tillage before the sowing of maize. After that,  $S$  increased on NT and decreased on CT. In both the tillage systems  $H+LE$  increased in module after the sowing of maize, with a higher increment on CT than on NT. In terms of daily totals,  $R_n$  was partitioned in 20% on NT and 40% on CT to the soil, and in 80% on NT and 60% on CT to the atmosphere.

**KEY-WORDS:** energy balance, net radiation, no-tillage, soil management.

**INTRODUÇÃO:** O balanço de radiação engloba os fluxos energéticos que chegam e deixam a superfície do solo. O saldo de radiação ( $R_n$ ) resultante dessas trocas é a quantidade de energia disponível para o aquecimento do solo e do ar e para a evaporação da água na

superfície. Assim, o balanço energético pode ser representado pela equação:  $[R_n = S + H + LE]$ , sendo  $R_n$  = saldo de radiação na superfície;  $S$  = fluxo de calor no solo;  $H$  = fluxo de calor sensível (aquecimento/resfriamento do ar); e  $LE$  = fluxo de calor latente de evaporação. O tipo de cobertura pode modificar o regime energético dos solos por influir em seus componentes. Comiran et al. (2003) registraram acréscimos de até 5°C nas temperaturas máximas do solo e decréscimos de 2°C nas mínimas em preparo convencional, comparado ao plantio direto em cultivos de milho. Com soja verificou-se maior fluxo de calor no solo em PC que em PD (Comiran et al., 2004). Dalmago et al. (2003) verificaram umidade e evaporação mais elevadas na superfície do solo em PD que em PC, decorrentes da modificação da dinâmica da água no solo em PD em relação ao PC. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar os componentes do balanço de energia na superfície do solo, em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), antes e após a semeadura do milho.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi feito na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, RS, Brasil, num Argissolo Vermelho Distrófico típico, com os sistemas de plantio direto e preparo convencional do solo, instalados em blocos em 1995. Desde a implantação dos mesmos, cultivou-se milho ou soja no verão e aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca (*Vicia sativa*) no inverno.

O híbrido simples precoce Pioneer 32R21 foi semeado em 17/11 e a emergência ocorreu em 25/11/04. As plantas foram arranjadas em fileiras espaçadas de 0,4m e numa população de 67 mil plantas por hectare. Iniciaram-se as medições em 26/10/04, quando a cultura de inverno foi acamada à superfície com rolo-faca. As medições se estenderam até 20 dias após a semeadura (12 dias após a emergência), com o milho em crescimento. Para análise dos dados foram tomados dois períodos de 20 dias: antes e depois da semeadura. O primeiro começou logo após a rolagem da palha da cultura de inverno e o segundo se iniciou logo após a semeadura do milho.

A radiação global ( $R_g$ ) foi medida por um piranômetro Li-COR, numa estação automática W200 Campbell, junto à área experimental. Mediu-se o saldo de radiação ( $R_n$ ) com saldo-radiômetros REBS em PD e Phillip-Schenk em PC, a 1m acima do solo, sendo um calibrado contra o outro. O fluxo de calor no solo ( $S$ ) foi medido com placas HFT3 (marca REBS), a 1cm de profundidade e a 10cm da linha de plantas. Todas medidas foram tomadas a cada 30s e suas médias foram armazenadas a cada 15min em “dataloggers” Campbell CR10. Os fluxos de calor sensível e calor latente de evaporação ( $H+LE$ ) foram calculados a partir da equação:  $[R_n = S + (H + LE)]$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

A radiação solar global ( $R_g$ ) influenciou diretamente o saldo de radiação ( $R_n$ ). O fluxo de calor no solo ( $S$ ) e os fluxos de calor sensível mais calor latente ( $H+LE$ ) acompanharam as oscilações de  $R_n$ , mas no sentido inverso pela convenção de sinais, tanto para plantio direto (PD) quanto para preparo convencional (PC) (Figura 1 e Tabela 1).

Em preparo convencional o fluxo  $S$  aumentou em módulo após a semeadura, seguindo a tendência de  $R_n$ . Em plantio direto houve diminuição de  $S$  após a semeadura em relação ao período anterior. Diferenças de  $S$  entre PD e PC podem estar relacionadas às alterações na umidade do solo, já que o sistema de manejo em PD aumenta a armazenagem e modifica a dinâmica da água no solo (DALMAGO et al., 2003; DALMAGO, 2004). Em ambos sistemas houve tendência de redução de  $S$  à medida que as plantas cresceram, o que pode ser atribuído à crescente interceptação de radiação pelas plantas, reduzindo a incidência de energia sobre o solo.

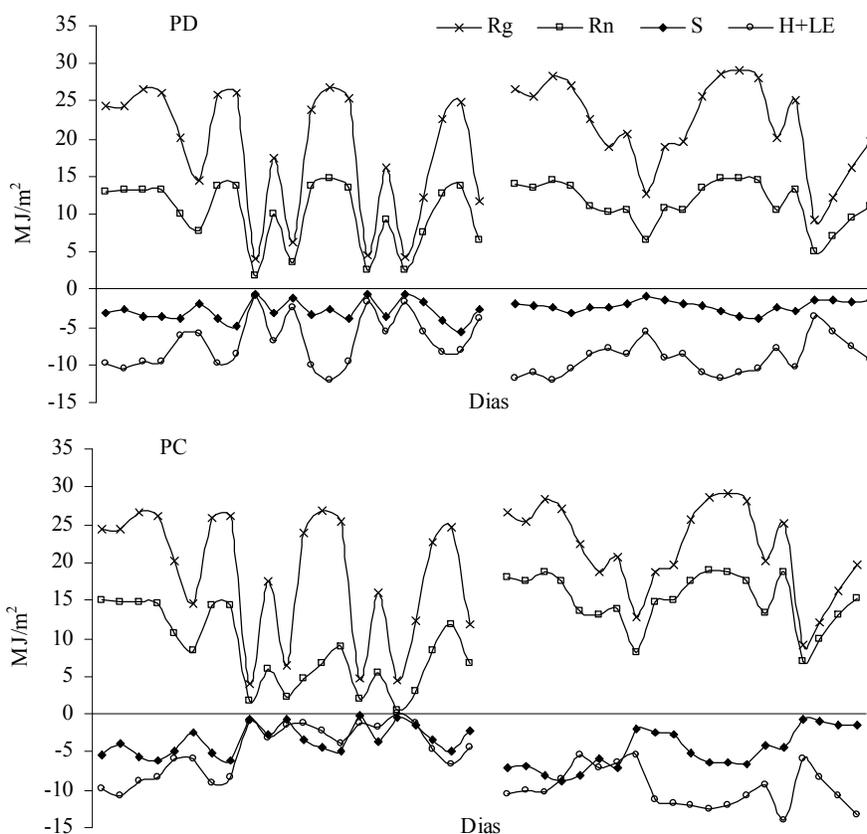


FIGURA 1. Totais diurnos de radiação global (Rg), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor no solo (S) e fluxos de calor sensível e latente de evaporação (H+LE), em plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), antes e depois da semeadura do milho. Eldorado do Sul, 2004.

TABELA 1. Médias dos componentes do balanço de energia ( $\text{MJ m}^{-2}$ ) em plantio direto (PC) e preparo convencional (PD), antes e depois da semeadura do milho. Eldorado do Sul, 2004.

	Rg	Rn	S	H+LE	Rn	S	H+LE
		PD			PC		
Período todo							
24 horas	20,1	9,6	-1,0	-8,6	10,4	-1,6	-8,8
Total diurno	20,1	10,7	-2,6	-8,1	11,6	-4,1	-7,5
Total noturno	-	-1,1	1,6	-0,5	-1,3	2,5	-1,2
Antes da semeadura							
24 horas	18,5	8,9	-1,3	-7,6	7,1	-1,4	-6,0
Total diurno	18,5	10,0	-2,9	-7,1	8,3	-3,5	-4,8
Total noturno	-	-1,1	1,6	-0,5	-1,2	2,1	-0,9
Após a semeadura							
24 horas	21,7	10,3	-0,6	-9,7	13,8	-1,9	-11,9
Total diurno	21,7	11,4	-2,2	-9,2	15,4	-4,8	-10,6
Total noturno	-	-1,2	1,7	-0,5	-1,3	2,9	-1,6

Os fluxos H+LE aumentaram, em módulo após a semeadura do milho, tanto em PD quanto em PC, acompanhando o aumento de Rg. Esse incremento em H+LE foi maior em PC que em PD, provavelmente, devido ao maior crescimento inicial das plantas em PC, conforme observado por DALMAGO et al. (2004), resultando em maior energia para a transpiração do

dossel e aumentando o fluxo LE. As diferenças observadas entre essas variáveis foram maiores durante o dia do que à noite, pela ausência do balanço de radiação de ondas curtas à noite, para alimentar as trocas energéticas.

Antes da semeadura do milho o saldo de radiação foi maior em PD que em PC, tanto com solo seco (01/nov) quanto úmido (04/nov). Os fluxos S e H+LE foram maiores em PD que em PC quando o solo estava úmido. Com solo seco S foi maior em PC que em PD (Figura 2 e Tabela 20).

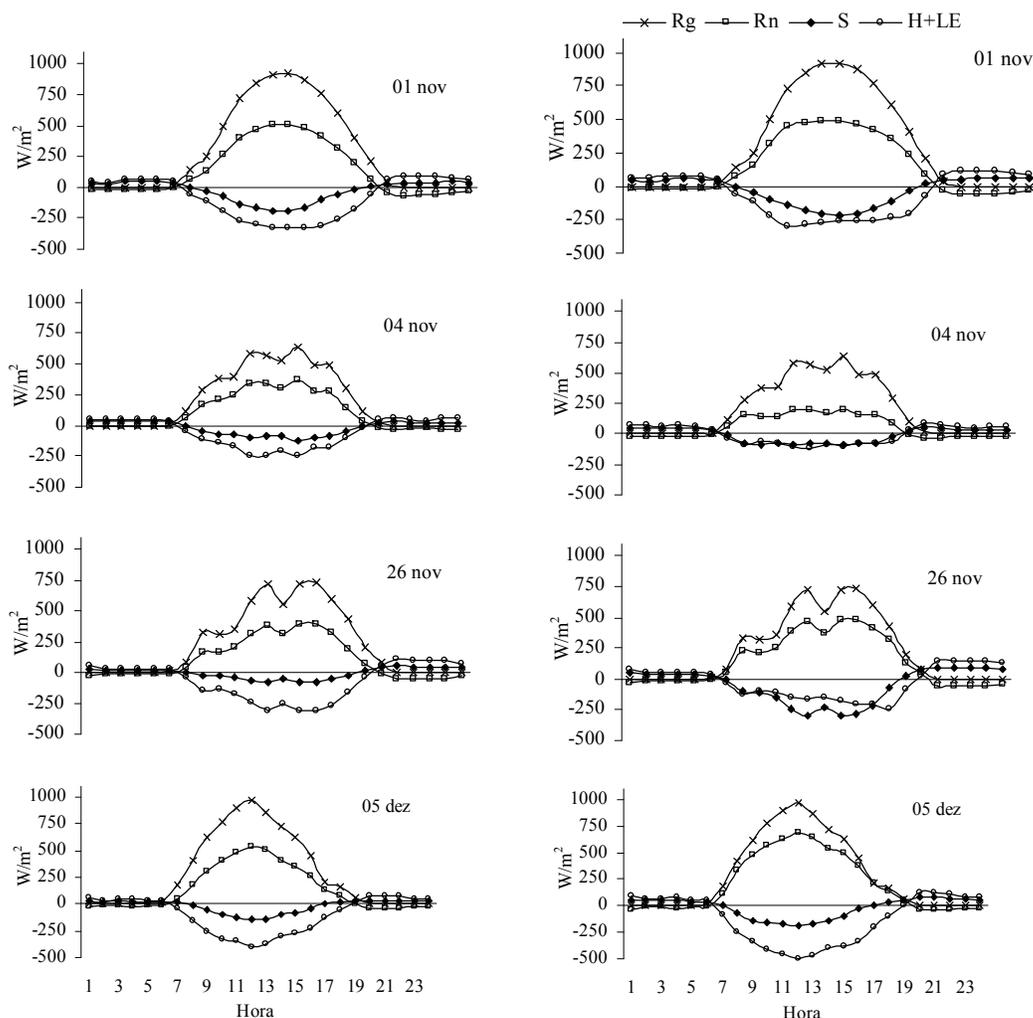


FIGURA 2. Componentes do balanço de energia em dias ensolarados e em condições de solo seco (01 e 26/nov) e úmido (04/nov e 05/dez), em plantio direto (à esquerda) e preparo convencional (à direita), em  $W m^{-2}$ . Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2004.

Em plantio direto Rn foi cerca de 50% de Rg, enquanto em preparo convencional Rn esteve acima de 60% de Rg (Figura 3). Isto significa que o solo em preparo convencional (desnudo) absorve mais e reflete menos energia do que em plantio direto (coberto com palha), durante o dia. Menor reflexão de radiação de ondas curtas em solo desnudo (PC) do que em solo coberto com palha (PD) foi observada na mesma área por HECKLER et al. (2005).

Para ambos sistemas (PD e PC) a presença de plantas crescendo acima do solo reduziu a fração de Rn na energia incidente (Rg), em comparação ao período anterior à emergência da cultura. A fração de Rn que contribuiu com o fluxo de calor no solo foi de 20% em PD e 40%

em PC. Os fluxos turbulentos de calor e vapor para o ar (H+LE) representaram 80% (PD) e 60% (PC) de Rn.

TABELA 2. Valores máximos instantâneos dos componentes de radiação, em W/m<sup>2</sup>. Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2004.

	Rg	Rn	S	H+LE	Rn	S	H+LE
		PD			PC		
01/nov	919	511	186	324	486	261	299
04/nov	634	373	124	249	201	63	121
26/nov	738	391	81	311	482	296	242
05/dez	966	539	143	396	689	193	496

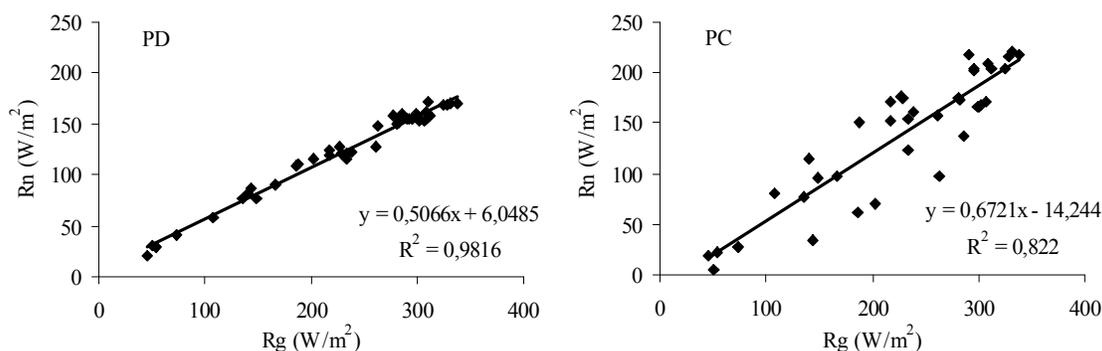


FIGURA 3. Modelo de estimativa do saldo de radiação (Rn) em função da radiação global (Rg) para plantio direto (PD) e preparo convencional (PC). Eldorado do Sul, RS, Brasil, 2004.

**CONCLUSÕES:** O saldo de radiação na superfície é maior em solo sob preparo convencional do que em plantio direto. O fluxo de calor S é maior em solo sob preparo convencional do que em plantio direto. O contrário se verifica quando a superfície do solo está úmida. Os fluxos turbulentos para aquecimento do ar e evaporação da água na superfície são semelhantes em ambos sistemas de preparo do solo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- COMIRAN, F. et al.. Temperatura e fluxo de calor no solo cultivado com soja em semeadura direta e convencional. In: Salão de Iniciação Científica (16. : 2004: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2004. p. 174, resumo 094.
- COMIRAN, F. et al.. Temperatura do solo em culturas de milho sob semeadura direta e convencional. In: Salão de Iniciação Científica (15. : 2003 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS. 2003 p. 156-157, resumo 011.
- DALMAGO, G. A. et al. Diferenças na disponibilidade de água no solo entre os sistemas de semeadura direta e convencional de milho. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Anais... Santa Maria, SBA./UFSM/UNIFRA. v.1, p.293-294. 2003.
- DALMAGO, G. A. Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob plantio direto e preparo convencional. UFRGS. Porto Alegre. 2004. 244p. (Tese de doutorado).
- HECKLER, B. et al. Trocas de energia na superfície do solo em plantio direto e preparo convencional: I. balanço de radiação. Salão de Iniciação Científica (17. : 2005 : Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 1000 p.