

# SALDO DE RADIAÇÃO E FLUXO DE CALOR NO SOLO NAS DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO ALGODOEIRO NA CHAPADA DO APODI, RN

VÁGNA DA COSTA PEREIRA<sup>1</sup>, JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO<sup>2</sup>, JOSÉ RENATO CORTEZ BEZERRA<sup>3</sup>, MAGNA SOELMA BESERRA DE MOURA<sup>4</sup>, VALÉRIA PEIXOTO BORGES<sup>5</sup>, WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Aluna de graduação em agronomia, bolsista ITI-A do CNPq, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN. E-mail: [vagna\\_jp@hotmail.com](mailto:vagna_jp@hotmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Professor(a). Doutor (a), DCAT/UFERSA, Mossoró-RN.

<sup>3</sup>Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande-PB.

<sup>4</sup>Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE.

<sup>5</sup>Doutoranda em meteorologia, UFCG, Campina Grande-PB.

<sup>6</sup>Mestrando em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró-RN.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento do saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) em um plantio de algodão cultivar BRS 286 em Apodi, Brasil. O experimento de campo foi conduzido na área experimental da EMPARN, localizada no município de Apodi – RN, no período de 04 de agosto a 20 de novembro de 2010. As análises de dados foram feitas para os horários de valores positivos de saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G), ou seja, entre 08h00 e 16h00 (hora local). Os resultados mostraram que, durante as fases de desenvolvimento da cultura os valores extremos da relação G/Rn foram 17,1% na fase inicial de crescimento (Fase I) e 6,0% na fase de floração (Fase III). O saldo de radiação atingiu uma média de  $15,2 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , sendo que 9,7% deste foi destinado ao aquecimento do solo. A variação diária do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo apresentaram o mesmo comportamento, atingindo valores máximos absolutos às 11h00min e 12h00min respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fases fenológicas, aquecimento do solo, fluxos de energia.

## NET RADIATION AND SOIL HEAT FLOW IN VARIOUS STAGES OF DEVELOPMENT OF THE COTTON CULTURE IN APODI PLATEAU, RN

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the seasonal behavior of net radiation (Rn) and soil heat flux (G) during the productive cycle of cotton crop cultivar BRS 286 in Apodi municipality, Brazil. The field experiment carried out in the experimental area of EMPARN, at Apodi municipality, from August, 4th and 20th November, 2010. The data analyses were made for the time of positive values of net radiation (Rn) and soil heat flux (G), which means between 08h00 and 16h00 (local time). The results showed that during the growing phenological phase of cotton crop the ratio G/Rn were 17.1% at the Initial Growing Phase (Phase I) and 6.0% at Flowering Phase (Phase III). The average daily net radiation was  $15.2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , and 9.7% of this was carried to heating the soil surface. The daily behavior of Rn and G was similar, with absolute maximum values observed at 11h00 and 12h00, respectively.

**KEY-WORDS:** Phenological phases, soil heat, energy flux.

**INTRODUÇÃO:** O cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das mais tradicionais atividades agrícolas do Semiárido brasileiro, e após um período de crise vem apresentando sinais de forte avanço na área plantada nos últimos anos. Segundo Beltrão et al. (2003), no ano de 1985, a cultura do algodoeiro chegou a ocupar mais de 3,2 milhões de hectares somente no nordeste brasileiro, representando mais de 10% da área ocupada com esta malvacea no mundo desde 1950. A sua cadeia produtiva gera riquezas superiores a 25 bilhões de dólares anualmente, representando cerca de 4% do PIB nacional e mais de 13,5% do PIB industrial (TÊXTIL, 2004). O clima é um fator de extrema importância no rendimento do algodoeiro, podendo influenciar tanto em aspectos quantitativos como qualitativos. Entre os fatores climáticos, o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo são variáveis fundamentais em estudos envolvendo necessidades hídricas dessa cultura, uma vez que a sua eficiência de utilização de água varia ao longo do ciclo vegetativo, em função de suas fases fenológicas. Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), o saldo de radiação representa a diferença entre os ganhos (fluxos descendentes) e as perdas (fluxos ascendentes) radiativas. Já o fluxo de calor no solo segundo GALVANI et. al (2001) representa a fração do saldo de radiação transferida por processos de condução ou difusão térmica. O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura do algodoeiro na chapada do Apodi-RN.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento de campo foi conduzido em uma área de 0,58 hectares pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Apodi-RN, cujas coordenadas geográficas são: latitude 05°37'37"S, longitude 37°49'54" O e altitude de 150 m acima do nível médio do mar. A cultura estudada foi o algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 286, plantado no dia 23 de julho de 2010, em um solo de textura franco-argilosa, irrigado por um sistema de aspersão. Os tratos culturais foram realizados de acordo com recomendações técnicas para a cultura. A identificação das fases fenológicas do algodoeiro foi avaliada por meio de coletas que começaram no dia 21 de setembro de 2010, 50 dias após a emergência, e as coletas subsequentes realizadas em intervalos de 15 dias, com plantas sorteadas em cada tratamento. No centro da área plantada foi instalado um saldo radiômetro modelo NR-LITE (Campbell Scientific INC., Logan, Utah, USA) para realizar medidas do saldo de radiação (Rn) em uma altura de 1,5 metros. Além disso, a 0,02 m de profundidade foram instalados dois fluxímetros modelo HFP01SC (Campbell Scientific INC., Logan, Utah, USA) para realizar medidas do fluxo de calor no solo (G). Esses sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados do tipo datalogger modelo CR3000 (Campbell Scientific INC., Logan, Utah, USA), programado para efetuar medidas a cada 5 segundos e armazenar médias a cada 20 minutos durante o período de 04 de agosto a 20 de novembro de 2010. As medidas instantâneas de Rn e G foram amostradas em  $Wm^{-2}$ , enquanto seu total diário foi calculado em  $MJ m^{-2} d^{-1}$ , para o período de saldo de radiação positivo, entre 08h00 e 16h00.

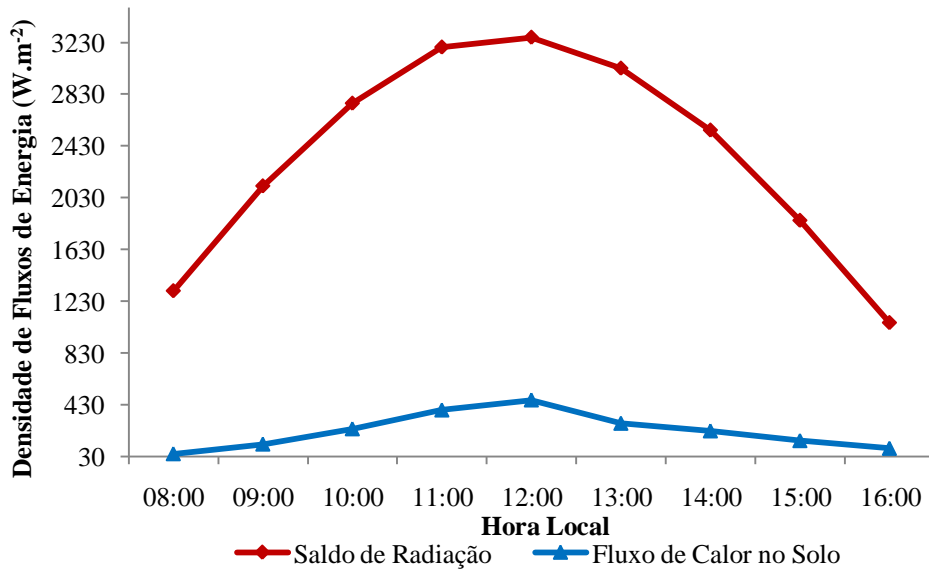
**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Tabela 1 apresenta os valores médios diários do saldo de radiação (Rn,  $MJ m^{-2} d^{-1}$ ) e do fluxo de calor no solo (G,  $MJ m^{-2} d^{-1}$ ), além da relação percentual diária entre G e Rn, média, para cada fase fenológica do algodoeiro herbáceo BRS 286. Conforme a Tabela 1, o saldo de radiação (Rn) diário apresentou seu valor máximo (16,7  $MJ m^{-2} d^{-1}$ ) na Fase II de Desenvolvimento Vegetativo, passando a decrescer nas duas fases

seguintes, com valores iguais a  $15,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  e  $14,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente para as Fases III e IV. Por outro lado, apresentou aumento na última fase fenológica do algodão, com média diária igual a  $16,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , provavelmente em função da senescência da cultura, caracterizando o final do ciclo do algodoeiro. Observa-se também que o fluxo de calor no solo (G) foi decrescente da Fase I ( $2,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) para a Fase V, resultado coerente com o encontrado por GRANGEIRO (2004) para a cultivar de algodão herbáceo BRS-200, que cita valores próximos a  $2,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , para a mesma fase. Na Tabela 1 também pode-se observar a variação percentual do fluxo de calor no solo para cada fase fenológica em relação ao saldo de radiação (G/Rn). Os valores extremos observados foram 17,1% para a fase inicial de crescimento (Fase I) e 6,0% para a fase de floração (Fase III). Durante o desenvolvimento da cultura que durou 110 dias, o saldo de radiação apresentou média de  $15,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , sendo que 9,7% deste foi utilizado para o aquecimento do solo, na forma de fluxo de calor (G). GRANGEIRO (2004) estudando o comportamento dos componentes do balanço de energia sobre o cultivo do algodoeiro, cultivar BRS-200 marron, encontrou valor médio de 6,1% para a relação G/Rn em Barbalha-CE.

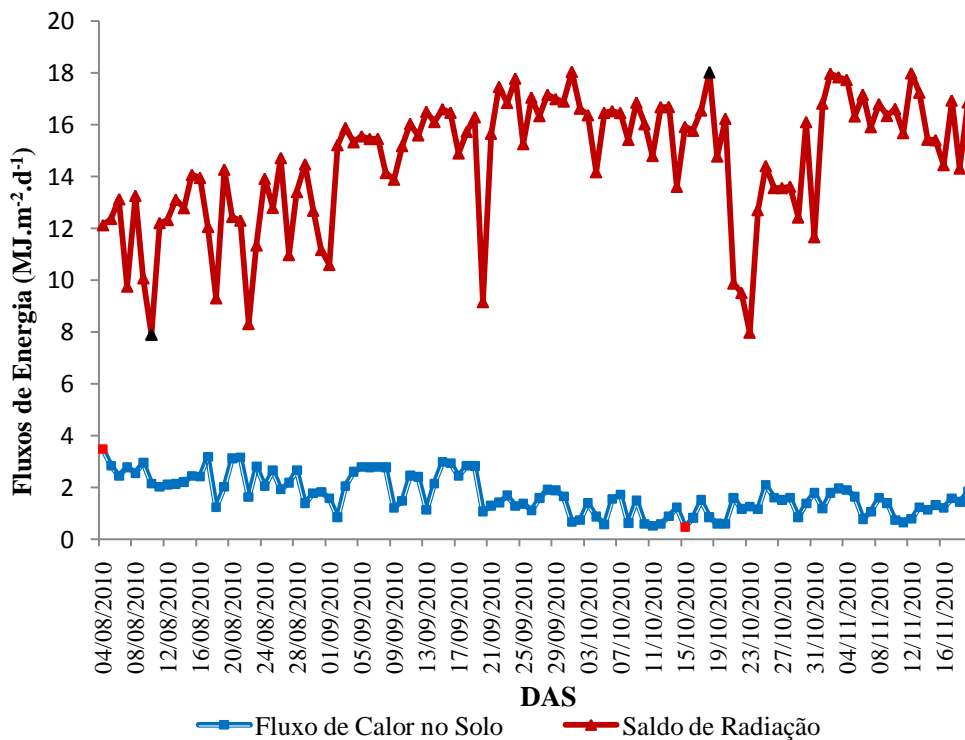
**Tabela 1.** Valores diurnos do saldo de radiação (Rn), do fluxo de calor no solo (G) e da relação entre G e Rn (%) para as diferentes fases vegetativas da cultura do algodoeiro herbáceo cultivar BRS 286, na Chapada do Apodi, RN, 2010.

FASES FENOLÓGICAS	DURAÇÃO (dias)	Rn ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )	G ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )	G/Rn (%)
Fase Inicial - Fase I	50	13,4	2,3	17,1
D. Vegetativo - Fase II	15	16,7	1,3	7,8
Floração - Fase III	15	15,1	0,9	6,0
Frutificação - Fase IV	15	14,7	1,5	10,2
Colheita - Fase V	15	16,0	1,2	7,5
Ciclo	110	15,2	1,4	9,7

Na Figura 1, pode-se observar o comportamento médio diário dos valores horários do saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo vegetativo da cultura do algodoeiro. Verifica-se que o valor máximo do saldo de radiação (Rn) ocorreu por volta das 12h00, alcançando  $3267,9 \text{ W m}^{-2}$ . Verifica-se ainda que o fluxo de calor no solo (G) apresenta o mesmo comportamento de Rn, com valor máximo igual a  $465,4 \text{ W m}^{-2}$ , também ocorrendo às 12h00. A curva diária de Rn e G segue o padrão da radiação solar incidente à superfície, sendo que suas variações devem estar associadas às variações diárias de nebulosidade na região, ao desenvolvimento da cultura, aos horários e frequências de irrigação, etc. Na Figura 2, observa-se o comportamento dos valores totais diários do saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) entre os horários de 08h00 e 16h00 ao longo do ciclo vegetativo da cultura do algodoeiro cultivar BRS-286. Verifica-se que os valores mínimo e máximo absolutos de Rn ocorreram nos dias 10/08/10 ( $7,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) e 01/10/10 ( $18,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), enquanto que para o fluxo de calor no solo (G) estes valores foram verificados nos dias 15/10/10 ( $0,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) e 04/08/10 ( $3,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), respectivamente. Ainda na Figura 2, percebe-se que o saldo de radiação apresenta tendência de aumento da data de plantio até a colheita, comportamento contrário ao do fluxo de calor no solo (G), vez que este é altamente influenciado pela cobertura do solo.



**Figura 1.** Comportamento médio diário dos valores horários do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo, ao longo do ciclo vegetativo da cultura do algodoeiro BRS 286 na chapada do Apodi-RN, 2010.



**Figura 2.** Comportamento dos totais diários dos valores do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo, ao longo do ciclo vegetativo da cultura do algodoeiro BRS 286 na chapada do Apodi-RN, 2010.

**CONCLUSÃO:** Os resultados mostraram que, durante as fases de desenvolvimento da cultura do algodoeiro cultivar BRS 286, o saldo de radiação médio variou entre 13,4 e 16,7 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com valor médio de 15,2 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e que ao longo de todo o ciclo vegetativo, o percentual usado dessa energia para aquecer o solo variou entre de 17,1% na fase inicial, quando o solo encontrava-se totalmente descoberto, a 6% na fase de floração, quando o solo encontrava-se totalmente sombreado com índice de área foliar máximo. Em média, esse percentual esteve em torno de 9,7%, valor considerável, quando a maioria das literaturas que tratam do balanço de energia em superfícies vegetadas, aconselham desprezar este parâmetro por ser pequeno e citam valores de no máximo 5%.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no nordeste do Brasil.** Campina Grande, 2003. 17 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 117).

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.

GRANGEIRO, R. de. S. B. Balanço de energia, evapotranspiração e variáveis de crescimento do algodoeiro semiperene, cultivar BRS-200 Marrom. Campina Grande: 2004. 68p. (Dissertação de Mestrado)

TÊXTIL: Setor volta a contratar. As melhores da Dinheiro. Isto é Dinheiro, n.370A, p.220-221, 2004.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. Versão digital, Recife, 2006. 463p.