



ANÁLISE DO SALDO DE RADIAÇÃO E DO FLUXO DE CALOR NO SOLO DURANTE O CICLO DO FEIJÃO CAUPI

VIVIAN M. B. DA ENCARNAÇÃO¹, GILBERTO M. TAKAKURA², JARDEL D. B. RODRIGUES³, AFONSO C. Q. JÚNIOR⁴, MARCUS J. A. DE LIMA⁵, PAULO J. O. P. DE SOUZA⁶.

¹Estudante de graduação em Agronomia, bolsista PIBIC/CNPQ, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém – PA. E-mail: brilhante.vivian@gmail.com

²Estudante de graduação em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

³Estudante de graduação em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁴Mestrando em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁵Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁶Meteorologista, Prof. Dr., UFRA, Belém-PA.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: Neste trabalho objetivou-se analisar o saldo de radiação (Rn) e o fluxo de calor no solo (G) em um cultivo de feijão caupi irrigado no município de Castanhal-PA. O experimento foi conduzido na estação experimental da UFRA em Castanhal no período de setembro a dezembro de 2012. Os dados utilizando para fazer esta análise estão no intervalo das 08h00 as 16h00 (hora local), ou seja, quando os valores de Saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) são positivos. Os Resultados mostraram que durante as fases fenológicas de desenvolvimento da cultura os valores extremos da relação G/Rn foram de 10,53% para a fase I (V0 – V2), 4,42% para a fase II (V3 – V4) em que ocorre o rápido desenvolvimento vegetativo e a fase V (R9) em que ocorre a maturidade fisiológica da cultura. O saldo de radiação atingiu uma média de 10,31 MJ m⁻² d⁻¹ sendo que 5,33% do saldo de radiação utilizado para o aquecimento do solo. O comportamento dos fluxos de energia encontram-se semelhantes para o saldo de radiação (Rn) e fluxo de calor no solo (G) podendo ser verificado os valores máximo e mínimo ao longo do ciclo da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão-caupi, Fluxo de calor no solo, Saldo de radiação.

ANALYSIS OF THE BALANCE OF RADIATION AND HEAT FLOW IN SOIL DURING THE CYCLE BEAN COWPEA

ABSTRACT: This study aimed to analyze the net radiation (Rn) and soil heat flux (G) on a cultivation of irrigated cowpea in the city of Fortaleza-PA. The experiment was conducted at the experimental station of the Castlebay UFRA in the period September to December 2012.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Using the data to make this analysis are in the range from 08:00 to 16:00 (local time), or when values of Net radiation (R_n) and the heat flow in the ground (G) is positive. Results showed that during the phenological stages of crop development the extreme values of the ratio G / R_n was 10.53% for stage I ($V_0 - V_2$), 4.42% for stage II ($V_3 - V_4$) in occurring rapid vegetative growth and phase V (R_9) that occurs at physiological maturity of the crop. The net radiation averaged $10.31 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ where 5.33% of net radiation used to heat the soil. The behavior of energy flows are similar to the net radiation (R_n) and soil heat flux (G) can be checked the maximum and minimum values over the cycle.

KEYWORDS: Cowpea, soil heat flux, radiation balance.

INTRODUÇÃO: O cultivo de Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma importante fonte de proteínas para a população da região Norte do Brasil. No estado do Pará esta cultura se destaca por gerar mais de 70 mil empregos diretos e um volume de negócios em torno de 30 milhões de dólares por ano (SAGRI, 2010). Segundo Barbosa et al. (2010), Santos (2010), Santos et al. (2008) entre outros, destacam a relevância da produção de feijão-caupi na composição da renda e para elevar o padrão de vida das famílias envolvidas com o seu cultivo. O clima é o único fator incontrolável inerente à produção agrícola e dentre ele os fatores climáticos como o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo são variáveis de utilidade em estudos envolvendo necessidades hídricas para a cultura. Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), o saldo de radiação seria 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 que foi transferida para os níveis inferiores do solo resultando em acréscimo de energia para o meio à noite ou diminuição de dia. O uso da irrigação tem contribuído para a melhoria da agricultura, principalmente em locais desprovidos de oferta de água além de favorece o maior consumo da energia do ambiente, reduzir a temperatura tanto do ar como do solo, evitando danos à planta pelo excesso de calor no sistema radicular. O presente trabalho então tem por finalidade a análise do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo em cultivo de Caupi irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na fazenda experimental da UFRA localizada no município de Castanhal-PA nas coordenadas geográficas de latitude $1^\circ 19' 24,48''\text{S}$ e longitude $47^\circ 57' 38,20''\text{W}$. Segundo TENÓRIO et al. (1999), o clima da região foi classificação pelo método de Köppen como sendo do tipo Ami. A área foi preparada no sistema convencional onde foi plantado o feijão caupi cv. BR3-Tracuateua seguindo o delineamento experimental em blocos ao acaso com tratamentos irrigado e não irrigado no período de setembro a dezembro de 2012, o sistema de irrigação foi montado onde se iniciou com aspersores por toda área e posteriormente por gotejamento no tratamento irrigado, a lamina de água a ser aplicada foi definida em função da evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura do feijão caupi conforme trabalho realizado por SOUZA et al., (2005). A identificação das fases fenológicas foi avaliada continuamente usando a escala fenológica proposta pelo Centro Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT, 1983). Foi montada uma





estação meteorológica na área contendo um datalogger (Campbell Scientific, Inc.) e um multiplexador (Campbell Scientific, Inc.) para o monitoramento das variáveis. O fluxo de calor no solo será monitorado com uma placa de fluxo de calor (Modelo HFP01) nos tratamentos e o Saldo de radiação monitorado com tubos solarímetro colocados de forma transversal entre as linhas da cultura. Os dados serão monitorados a cada 10 segundos e as médias armazenadas a cada 10 minutos ao longo do ciclo cultural durante o período de 26 de setembro a 04 de dezembro de 2012, sendo as medidas de R_n e G foram amostradas em Wm^{-2} e transformados para $MJ m^{-2} d^{-1}$ para se calcular as médias no período em que o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo são positivos, ou seja, entre o intervalo de 08h00 a 16h00 para cada fase que correspondente a um intervalo entre os estádios fenológicos da cultura do feijão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de saldo de radiação (R_n , $MJ m^{-2} d^{-1}$) e fluxo de calor no solo (G , $MJ m^{-2} d^{-1}$) médios além da relação percentual entre G/R_n , para cada fase fenológica da cultura do feijoeiro cv. BR3-Tracuateua está expresso na tabela 1. Conforme os dados observados o saldo de radiação (R_n) diário apresentou seu valor máximo de ($12,46 MJ m^{-2} d^{-1}$) na Fase III que corresponde aos estádios fenológicos de início de floração e florescimento pleno, respectivamente R5 e R6, passando a decrescer nas demais fases até o estádio R9 da Fase V. No caso do fluxo de calor no solo, o maior valor foi referente à Fase I com ($0,99 MJ m^{-2} d^{-1}$) em que se encontrava entre os estádios fenológicos V0 a V2, sendo menores nas demais fases em que o menor valor encontrado foi na Fase IV de desenvolvimento reprodutivo correspondente ao início do aparecimento das vagens tipo canivete (R7) e enchimento de grãos (R8). Ainda na tabela 1 podemos observar a relação da variação percentual do fluxo de calor no solo para cada intervalo de fase fenológica em relação ao saldo de radiação (G/R_n), os valores extremos encontrados para a relação G/R_n foram de 10,53% para a fase I (V0 – V2), 4,42% para a fase II (V3 – V4) em que ocorre o rápido desenvolvimento vegetativo e a fase V (R9) em que ocorre a maturidade fisiológica da cultura. Durante o desenvolvimento da cultura que durou 65 dias observou-se que 5,33% do saldo de radiação médio de ($10,31 MJ m^{-2} d^{-1}$) foi utilizado para o aquecimento do solo na forma de fluxo de calor (G).

Tabela 1: Valores médios de saldo de radiação (R_n), fluxo de calor no solo (G) e da relação entre G e R_n (%) para as fases fenológicas do feijão caupi cultivar BR3-Tracuateua, em Castanhal-PA, 2012.

FASES FENOLÓGICAS	DURAÇÃO (dias)	R_n ($MJ m^{-2} d^{-1}$)	G ($MJ m^{-2} d^{-1}$)	G/R_n (%)
Fase I (V0 – V2)	8	9,38	0,99	10,53
Fase II (V3 – V4)	25	10,01	0,44	4,42
Fase III (R5 – R6)	8	12,46	0,41	3,26
Fase IV (R7 – R8)	15	10,71	0,34	3,18
Fase V (R9)	9	9,00	0,47	5,23
Ciclo	65	10,31	0,53	5,33



Na Figura 1, observamos o comportamento dos valores totais do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo entre os horários de 08h00 a 16h00 durante o ciclo de 65 dias do ciclo da cultura do feijão caupi cv. BR3-Tracuateua. Verificou-se então que os valores máximo e mínimo absolutos do Saldo de radiação (Rn) ocorreram respectivamente nos dias 30/10/2012 ($14,06 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e 29/10/2012 ($4,17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), enquanto que para o fluxo de calor no solos (G) foram verificados os valores máximo e mínimo nos dias 27/09/2012 de ($1,14 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e 26/10/2012 de ($-0,05 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) respectivamente. Ainda na figura 1 observa-se que o saldo de radiação tem uma tendência a aumentar ao longo do ciclo da cultura, porem com algumas oscilações variantes, diminuindo posteriormente conforme esta chegue à maturidade fisiológica, comportamento inverso ao do fluxo de calor no solo uma vez que este é influenciado pela cobertura do solo, sendo que o menor valor alcançado pelo fluxo de calor no solo encontra-se negativo no período do estágio fenológico V4 até mesmo para o horário em que este deveria ser positivo, provavelmente devido ao não fechamento da cultura entre as linhas.

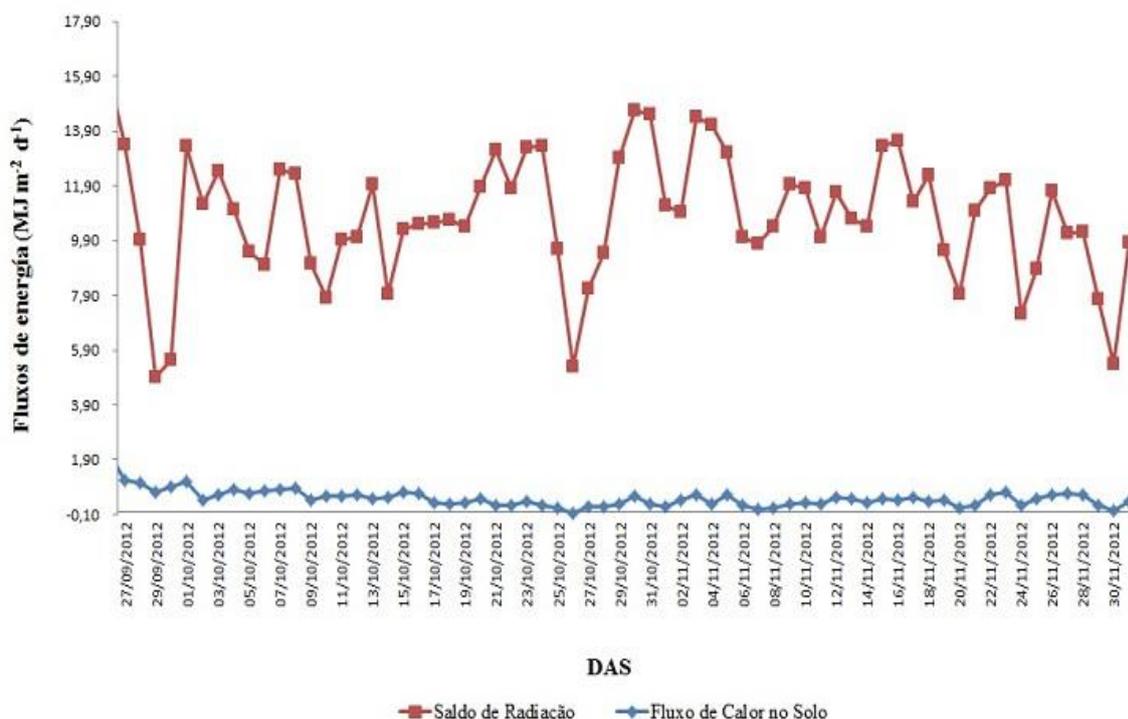


Figura 1: Comportamento dos totais diários dos valores de Saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo da cultura do feijão caupi BR3- Tracuateua em Castanhal-PA, 2012.



CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que durante as fases fenológicas de desenvolvimento da cultura do Feijão caupi cultivar BR3-Tracuateua, o saldo de radiação médio variou entre 9,00 e 12,46 MJ m⁻² d⁻¹, com valor médio de 10,31 MJ m⁻² d⁻¹ e que ao longo de todo o ciclo vegetativo, já o fluxo de calor no solo variou de 0,34 MJ m⁻² d⁻¹ a 0,99 MJ m⁻² d⁻¹ com valor médio de 0,53 MJ m⁻² d⁻¹. O percentual usado dessa energia para aquecer o solo variou entre 10,53% na Fase I em que corresponde aos estádios fenológicos V0 a V2 quando o solo encontrava-se praticamente descoberto, a 3,18% na Fase IV que corresponde aos estádios reprodutivos R7 a R8 em que o solo encontrava-se sombreado e com máximo de índice de área foliar. Em média o percentual de (G/Rn) encontrava-se em torno 5,33% valor razoável, quanto algumas literaturas que tratam do balanço de energia em superfícies vegetadas aconselham a rejeitar este parâmetro por ser pequeno e citarem valores de no máximo 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARBOSA, M. S.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C. Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no município de Tracuateua, Nordeste Paraense. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v. 5, n. 10, p. 7-26, 2010.
- ROLIM, G. S.; ESCOBEDO, J. F.; OLIVEIRA, A. P. *Validation of the Deardoff model for estimating energy balance components for a sugarcane crop*. Scientia Agricola, v.65, p.325-334, 2008.
- SAGRI. 2010. *Evolução da safra de grãos no estado do Pará*. Disponível em (www.sagri.pa.gov.br/documents/EvolucaoDaSafradeGraosnoPara.xls).
- SANTOS, M. A. S. Perfil socioeconômico e tecnológico dos pequenos produtores de feijão-caupi do município de Primavera, estado do Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2010, Belém. Anais... Belém: Embrapa, 2010. p. 692-697.
- TENÓRIO, A.R.M. “**Serviço de documentação e informação.**” In Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal. Belém: FCap. 1999.
- 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. *Bragantina*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.
- GUERREIRO FILHO, M. C. S.; CRUZ, M. S.; AGUIAR, C. G. G.; NEVES, P. R. S. Análise socioeconômica e tecnológica da pequena produção de feijão-caupi no município de Capanema, estado do Pará. *Movendo Idéias*, Belém, v. 13, n. 1, p. 21-33, 2008.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



SENA, A. E. S.; BEZERRA, J. V. *Eficiência e economicidade da irrigação por aspersão na cultura do feijão de corda (Vigna unguiculada (L) Walp)*. Produção Científica do PCDT/NE do Ceará, v. 2, p. 588- 603, 1991.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. *Coeficientes da cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará*. Irriga, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241-248, agosto-outubro, 2005.

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



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>

