

BALANÇO DE ENERGIA NA SOJA EM ÁREAS DE FRONTEIRA AGRÍCOLA NA AMAZÔNIA

PAULO J. O. PONTE DE SOUZA¹, ARISTIDES RIBEIRO², EDSON J. P. DA ROCHA³,
RENATA S. LOUREIRO⁴, CARLOS J.C. BISPO⁵, ADRIANO M.L. SOUSA⁶

¹ Meteorologista, Prof-UFRA., Doutorando Meteorologia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG, Fone (0xx31) 3899 1906, paulo.jorge@ufra.edu.br.

² Engo Agrônomo, Prof Dr., Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG.

³ Meteorologista, Prof Dr., Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém-PA.

⁴ Meteorologista, Bolsista Msc. CT-Amazônia, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém-PA.

⁵ Engo Agrônomo, Mestrando Ciências Ambientais, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém-PA.

⁶ Meteorologista, Doutorando Hidrologia, IPH, Porto Alegre-RS.

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

RESUMO: Neste trabalho avaliou-se o Balanço de Energia na cultura soja (*Glycine Max (L.) Merryi*), variedade Candeias em áreas de avanço de Fronteira agrícola na Amazônia, usando-se o método da Razão de Bowen. Durante quase todo o ciclo da cultura, maior parte da energia foi consumida na forma de calor latente, principalmente durante as fases de florescimento e frutificação, 12,2 e 10,1 MJ/m².dia, respectivamente. Próximo do final do ciclo ocorre uma inversão na partição de energia entre as componentes H e LE, quando mais energia é direcionada para o aquecimento do ar, 57,8% do saldo de radiação.

Palavras-Chave: Fronteira agrícola, Razão de Bowen, Partição de Energia.

SOYBEAN ENERGY BALANCE IN AREAS OF ADVANCE OF AGRICULTURAL BORDER IN AMAZONIAN

ABSTRACT: It was investigated the Energy Balance in a soybean crop (*Glycine Max (L.) Merryi*) grown in areas of advance of agricultural Border in the Amazonian. During almost the whole cycle of the culture, larger part of the energy was consumed as latent heat, mainly during the flowering and fructification phases, with 12,2 and 10,1 MJ/m².dia, respectively. During the end of the cycle it happens an inversion in the partition of energy among the components H and LE, when more energy is used for air heating, with almost 57,8% of the radiation balance.

Keywords: Agricultural Border, Bowen Ratio, Energy Balance.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o avanço da fronteira agrícola na Amazônia vem ganhando espaço e preocupando a sociedade, tendo como principal atrativo a monocultura da soja (Dantas e Fonteles, 2005). O cultivo da Soja (*Glycine Max (L.) Merryi*) começou a ser desenvolvido na Amazônia na década de 2000, mas ocupava uma área considerada insignificante (73 mil há) em relação ao restante do País (Mueller e Bustamante, 2003). No estado do Pará, por exemplo, a área plantada era de apenas 1.200ha no ano de 2000, mas a região já vinha recebendo incentivos do governo desde 1994 para o aumento da produção de grãos principalmente nas regiões de Santarém e Paragominas. No entanto, de acordo com Schneider et al. (2000), apenas cerca de 17% da região Amazônica (Amazônia Seca) localizada na parte sul, teria as condições favoráveis para o sucesso da agricultura.

Resultados encontrados por Ponte de Souza et al. (2006), mostram que o avanço da fronteira agrícola na região Amazônica causa alterações significativas no albedo e no balanço de radiação local, ocasionando alterações no regime de chuvas da região (Yanagi, 2006).

Diante da necessidade de se avaliar as conseqüências do avanço da soja na Amazônia, o objetivo deste trabalho foi de analisar o balanço de Energia durante o ciclo da cultura na região Amazônica usando-se o método da razão de Bowen.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização

O experimento foi conduzido no município de Paragominas, situado na região sudeste do Estado do Pará cuja sede localiza-se a 320 quilômetros de Belém. A área onde foi realizado o plantio da cultura de soja ocupava uma extensão de cerca de 200ha, localizada entre as latitudes 03°01'47'' e 03°02'35'' S e longitudes 47°17'23'' e 47°18'35''. Toda a área foi plantada mecanicamente, utilizando a técnica de plantio direto, em fileiras espaçadas de 0,45m e com um espaçamento médio entre plantas de 10 cm, resultando em uma densidade de cerca de 222.000 plantas/ha. Foi usada no estudo a variedade *Candeias*, a qual foi plantada no dia 05 de fevereiro, e a colheita realizada no dia 15 de Junho.

Dados

Uma torre de 4 metros de altura foi montada na área contendo a variedade *Candeias*, na qual foram instalados vários instrumentos meteorológicos ligados a um datalogger CR10X e um multiplex AM416. Os dados eram lidos a cada 10 segundos e eram posteriormente gravados a cada 5 minutos. Os dados utilizados neste trabalho constam na tabela abaixo:

Tabela 1 – Variáveis medidas no experimento

Variável	Sensor	Nível
Temperatura do Ar	HMP45AC	1,2 e 4m
Umidade Relativa do Ar	HMP45AC	1,2 e 4m
Saldo de Radiação	NR-Lite	2,45m
Fluxo de Calor no Solo	Hukseflux HFP01SC-L	10cm (2 sensores)

Após o tratamento dos dados, optou-se por usar os dados dos níveis de 1 e 4 metros pelo fato de fornecerem resultados mais coerentes. À medida que a soja crescia, o perfil era elevado a fim de que se mantivesse a mesma altura em relação à cobertura vegetal.

Análise de desenvolvimento

A análise do desenvolvimento foi realizada segundo Fehr e Caviness (1977), usando-se um experimento inteiramente ao acaso, com três tratamentos e três repetições, sendo o dia de plantio o tratamento.

Metodologia

Segundo Pereira et al (2002), em sistemas vegetados o consumo da energia proveniente do saldo de radiação pode ser usada no aquecimento do ar e das plantas na forma de calor sensível (H), na evapotranspiração através do calor latente (LE), no aquecimento do solo (G) e nos processos de sínteses biológicas (F). Essa somatória algébrica das energias que alcançam e deixam a superfície do solo, é chamada de Balanço de Energia.

Segundo Oke (1987) citado por Oliphant et al. (2004), o balanço de energia quando aplicado a superfícies vegetadas, é convenientemente expresso em termos de transferência de energia ao longo de um volume de controle e pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$Rn = H + LE + G + \Delta Qs + \Delta Qa \quad (1)$$

Onde, as duas novas componentes representam o fluxo de calor armazenado ao longo do volume de controle (ΔQs) e o fluxo de calor advectado lateralmente ao longo do volume de

controle (ΔQ_a). A componente ΔQ_s , é definida como a soma de várias componentes do ecossistema (McCaughey and Saxton, 1988) a seguir:

$$\Delta Q_s = \Delta Q_G + \Delta Q_H + \Delta Q_{LE} + \Delta Q_B + \Delta Q_p \quad (2)$$

Onde, ΔQ_G é o fluxo de calor armazenado no solo; ΔQ_H e ΔQ_{LE} são o fluxo de calor Sensível e o fluxo de calor Latente armazenados no volume de ar; ΔQ_B é o fluxo de calor armazenado na Biomassa e ΔQ_p é a componente fotossintética.

As componentes ΔQ_p da equação (2) e ΔQ_a da equação (1) foram consideradas desprezíveis como sugerido em Oliphant et al. (2004). A componente ΔQ_B foi estimada segundo Moore and Fisch (1996). A componente ΔQ_G não foi considerada neste trabalho devido à ausência de informações do solo. As componentes ΔQ_H e ΔQ_{LE} foram obtidas segundo McCaughey (1985).

As componentes H e LE foram obtidas através do método da razão de Bowen, a qual pode ser estimada através das relações do transporte vertical para H e LE, assumindo que exista a igualdade nos coeficientes de transporte Turbulento (K_H e K_{LE}) (Aria, 1998). Para cada fase fenológica da soja, foi obtido um balanço de energia médio correspondente ao período de 24 horas do dia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Balanço de Energia ao longo do ciclo

A figura 1 abaixo apresenta o ciclo médio diário das componentes do balanço de energia em cada fase da cultura. Nota-se que a medida que a soja se desenvolve, ocorre um aumento considerável no fluxo de calor latente principalmente entre o florescimento (R1) e a fase de enchimento de grãos (R5). Com isso, menos energia é disponibilizada para as demais componentes do balanço, semelhantes aos resultados encontrados por Fontana et al (1991). Observa-se também que durante quase toda a fase reprodutiva da soja (R1-R6), pouca energia consegue atingir a superfície do solo como consequência dos altos valores de IAF observados durante este período (Ponte de Souza et al., 2006).

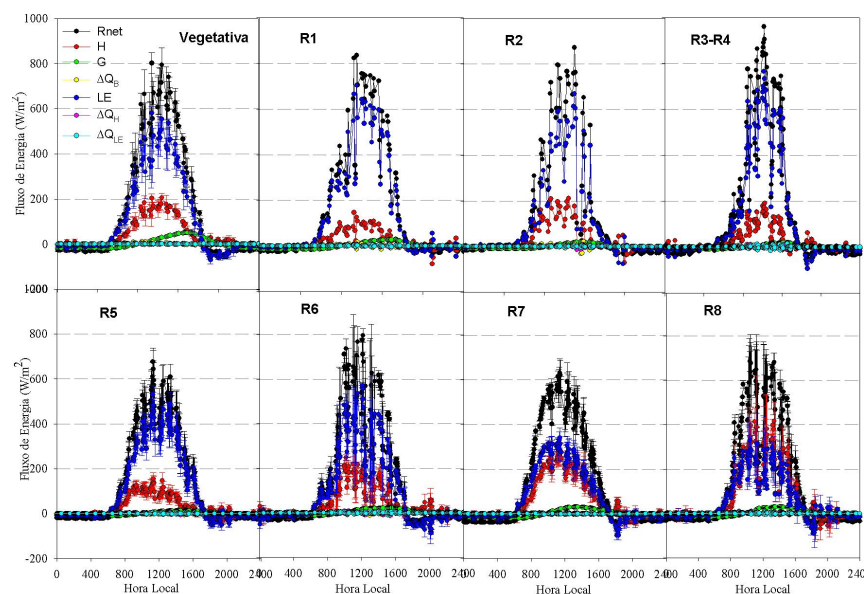


Figura 1 – Fluxo de Energia médio para cada fase da Soja na Amazônia.

A partir da fase de Vagem Gorda (R6), a energia responsável pela evapotranspiração começa a diminuir para valores próximos do calor sensível. Durante a fase de maturação plena (R8), quando a vagem encontra-se completamente seca, ocorre uma inversão nas componentes do balanço de energia, onde o fluxo de calor sensível apresenta maior valor que o calor latente. Um fato importante observado é que, embora as componentes de armazenamento apresentem valores bastante inferiores em relação às componentes H, LE e G ao longo do dia; na fase de transição, especialmente no final da tarde, estas componentes são responsáveis pela liberação de energia gerando um pequeno aumento no valor de H, conforme também reportado por Moore and Fisch (1986).

Encontrou-se maior disponibilidade de energia na fase vegetativa e durante o florescimento, com valores médios de Saldo de Radiação em torno de 14 MJ/m².dia. A redução na energia disponível é consequência do aumento no albedo da superfície que é muito maior durante as fases subseqüentes (Ponte de Souza et al., 2006). A soja utilizou mais energia na forma de calor latente durante as fases de Florescimento e Frutificação. Durante este período, pouca energia é utilizada na forma de calor sensível (2-3MJ), havendo no entanto um aumento considerável nesta componente após a fase R6. Após o florescimento (R1), quase nenhuma energia é envolvida no termo de armazenamento, quando consideramos a escala diária.

Partição de energia

Nota-se pela figura abaixo que o maior consumo de energia no processo de evapotranspiração ocorre durante o florescimento, cerca de 85% do saldo de radiação, exatamente quando a planta torna-se susceptível à deficiência hídrica. Fontana et al. (1991) encontraram que em média, em torno de 95% da energia é usada na forma de calor latente quando a soja é submetida à irrigação, e 8% é direcionado para o calor sensível. Estes resultados diferem dos encontrados aqui pelo fato dos outros autores trabalharem apenas com o período do dia, além do fato de avaliarem até a fase R5 da soja. Durante a maior parte do ciclo da soja, maior parte da energia é direcionada para a evapotranspiração, havendo no entanto uma inversão na partição da energia quando a cultura se aproxima da maturação.

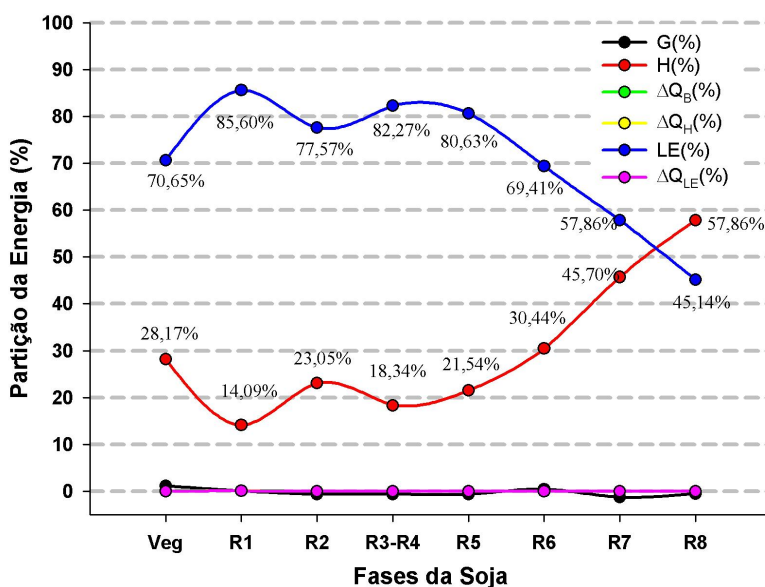


Figura 2 – Partição da Energia para cada fase da Soja na Amazônia.

Cerca de 57% da energia foi usada na forma de LE e 45% como H na fase R7, e após esta fase (R8) a porcentagem inverte-se para as duas componentes. Após a fase de Florescimento (R2)

nota-se que o fechamento do balanço passa dos 100% devido ao fato de que durante esta fase existe uma contribuição importante de energia armazenada pelo solo ocorrida nas fases anteriores.

CONCLUSÕES

Durante o ciclo da soja ocorre uma transição progressiva na partição da energia entre as componentes do balanço. Como era de se esperar, as componentes de armazenamento apresentam pouca importância na escala diária, mas são importantes durante a fase de transição do dia para a noite. Durante a fase inicial do ciclo, uma pequena parte da energia é direcionada para o solo e para a biomassa, as quais se tornam importante após a fase R2 sendo responsáveis por uma energia extra para o ambiente. Maior parte da energia é direcionada para a evapotranspiração, havendo no entanto uma redução desta energia para esta componente próximo da maturação, ocorrendo um redirecionamento da energia para a componente H.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANTAS, T. M. E FONTELES, L.V. Avanço da Fronteira Agrícola na Amazônia. Setembro, 2005, Disponível em : <http://www.oktiva.net/sispub/anexo/9168>. Acesso em 15/10/06.
- MUELLER, C.C. E BUSTAMANTE, M. Análise da expansão agrícola no Brasil. Abril, 2002. Disponível em : www.worldbank.org/rfpp/news/debates/mueller.pdf. Acesso em 10/01/06.
- SCHNEIDER, R.R.; ARIMA, E.; VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; SOUZA JUNIOR, C. Amazônia Sustentável: Limitantes e Oportunidades para o desenvolvimento rural. Série Parcelas nº1, Brasília, Banco Mundial; Belém, Imazon, 2000.
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASHI, H. Balanço de Energia em Soja irrigada e não irrigada. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 26(3):403-410. 1991.
- PONTE DE SOUZA, P.J.O; RIBEIRO, A.; ROCHA, E.J.P.; BISPO, C.J.C.; SOUSA, A.M.L; LOUREIRO, R.S.; LIMA, E.C.S. Alterações no albedo devido o avanço da fronteira agrícola na Amazônia : Um estudo de caso. Anais XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.
- YANAGI, S.N.M. Albedo de uma Floresta Tropical Amazônica: Medições de Campo, Sensoriamento Remoto, Modelagem, e sua Influência no Clima Regional. Tese de Doutorado (Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. 2006.
- OLIPHANT, A.J.; GRIMMOND, S.B.; ZUTTER, H.N.; SCHMID, H.P.; SU, H.-B.; SCOTT, S.L.; OFFERLE, B.; RANDOLPH, J.C.; EHMAN, J. Heat storage and energy balance fluxes for a temperate deciduous forest. Agricultural and Forest Meteorology. 126: 185-201. 2004.
- MCCAUGHEY, J.H. Energy balance storage terms in a mature mixed forest at Petawawa, Ontario—a case study. Boundary- Layer Meteorol. 31, 89–101. 1985.
- MCCAUGHEY, J.H., SAXTON, W.L. Energy balance storage terms in a mixed forest. Agric. For. Meteorol. 44, 1–18. 1988.
- FEHR, W.R., CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Iowa Agric. Exp. Station Special Report 80. Iowa State University, Ames, IA. 1977.
- MOORE, C.J., FISCH, G. Estimating heat storage in Amazonian Tropical Forest. Agric. For. Meteorol. 38, 147–169. 1986.