

BALANÇO DE ENERGIA EM CASAS DE VEGETAÇÃO NA AMAZÔNIA : ESTUDO DE CASO

Paulo Jorge de Oliveira¹, Mônica Gusmão², Sergio Gusmão³, Paulo Roberto Lopes³, João Batista Miranda Ribeiro⁴, Edson Jose P. da Rocha⁴

ABSTRACT - This study was carried out at three different greenhouses environments installed at Federal Rural University of Para (UFRA), with the objective to evaluate the changes in energy balance occurred in such environments. Sensible and Latent heat fluxes components did not show significant differences between three environments according to Tukey test, except soil heat flux component. In general, 71-75% of the energy is used to evapotranspiration while 29-32% is used to modify temperature in both three greenhouses environments.

INTRODUÇÃO

O uso do cultivo em ambiente protegido no Brasil tem aumentado cada vez mais nas últimas décadas com o objetivo principal de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, evitando a dependência da enorme variação sazonal com o clima (Aguar e Silva et al., 2002).

No Brasil, muitos trabalhos têm sido feitos com o intuito de avaliar a influência deste tipo de ambiente na produção de algumas culturas (Aguar e Silva et al., 2002; Cunha et al., 2000; Caron et al., 2002). Como as culturas tem seu desenvolvimento alterado diretamente pelo clima, outros trabalhos se preocupam em conhecer como o microclima é modificado internamente (Aguar e Silva et al., 2000; Gonçalves et al., 2002; Sousa et al., 2002), tentando inclusive descobrir técnicas para amenizar as condições extremas deste microclima (Streck et al., 2002).

Na Região Amazônica, a vantagem no uso deste ambiente restringe-se principalmente à proteção contra a chuva que é bastante intensa durante maior parte do ano, e quase nenhum estudo tem sido feito com o objetivo de quantificar o microclima desses ambientes. Este trabalho tem como objetivo verificar como é a partição da energia dentro de três modelos de casas de vegetação durante o período chuvoso na Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em Belém do Pará, durante os dias 29 de Janeiro a 10 de Fevereiro de 2004 (Dias Juliano 29 a 41), em três casas de vegetação de modelos Arco com semilanternim, Capela e Capela com semilanternim, todas com cobertura de polietileno de baixa densidade aditivado de 100µm de espessura, com área de 90 m², sendo 6,0m de largura por 15,0m de comprimento, com o pé direito à 3m de altura, e orientação no sentido leste-oeste geográfico, representando três tratamentos diferentes. Durante o experimento, a área dentro das casas de vegetação estava sendo cultivada com as culturas de pepino e de melão.

Foi instalado dentro da casa de vegetação um datalogger CR10X (Campbell Scientific), no qual foram conectados: um anemômetro (RM Young, EUA) a 2m de altura, um Saldo radiômetro (NRLITE, Kipp&Zonen, Netherlands), a 1,5m de altura, um Termohigrômetro (HMP45C, Campbell, EUA) a 1,5 m de altura, um Sensor de Temperatura do solo (TEMP108, Campbell, EUA) e um Fluxímetro (HFPO1, Hukseflux, Netherlands) ambos a 10cm de profundidade. Os dados eram lidos a cada segundo e armazenados a cada 10 minutos. A partir do primeiro dia do experimento, houve uma rotação dos sensores nas três casas de vegetação, permanecendo instalados durante um período médio de quatro dias em cada casa, conforme a Tabela 1:

Tabela 1. Esquema de rotação dos sensores nas casas de vegetação.

Dias	Modelo
29 de Janeiro a 2 de Fevereiro	Arco com Semilanternim
2 a 6 de Fevereiro	Capela com semilanternim
6 a 10 de Fevereiro	Capela

O Saldo de radiação e o fluxo de calor no solo foram medidos diretamente pelos sensores, enquanto que os fluxos de calor Latente e Sensível foram estimados como segue:

O fluxo de Calor Latente (LE) foi estimado através do valor da Evapotranspiração Potencial obtida pelo método de Penman-Montheith, o qual segundo Smith (1991) citado por Pereira et al. (1997), é o método mais adequado para estimar a evapotranspiração de uma cultura na escala diária.

Com o valor de ETP, obteve-se a Energia usada para causar esta perda de água sabendo-se que para cada milímetro de água evaporada por dia, são necessários 2,45 MJ de energia, logo:

$$LE = ETP \times 2,45 \quad (\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1})$$

O fluxo de Calor Sensível (H) foi obtido como sendo o resíduo do Balanço de Energia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a série temporal do saldo de Radiação (Rn), Fluxo de Calor no Solo (G) e Precipitação durante o período estudado. Percebe-se que a presença freqüente de chuvas ocasionou brusca redução na disponibilidade de energia. Comparando as curvas de um mesmo tratamento, estufa 1 por exemplo, nota-se uma grande diferença entre um dia com chuva e outro sem a presença da chuva (Dia Juliano 31).

Ciclo Diário de Rn e G

Analisando a Figura 2, nota-se que o ciclo médio diário nos três tratamentos não apresenta muita diferença, a não ser pelo fato de as curvas das estufas 1 e 2 apresentarem maior oscilação em relação à curva da estufa 3. Isto acontece em decorrência das aberturas convectivas presentes nos dois casos, fazendo com que a energia dentro da estufa seja mais

¹ Prof. Msc. Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, CP 917. Belém, PA – CEP: 66077-530. E-mail: paulo.oliveira@ufra.edu.br.

² Dra. Pesquisadora Bolsista; CNPQ, Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA.

³ Prof. Dr. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA.

⁴ Prof. Dr. Departamento Meteorologia. Universidade Federal do Pará. UFPA.

susceptível às variações externas, no caso, a ocorrência de chuva.

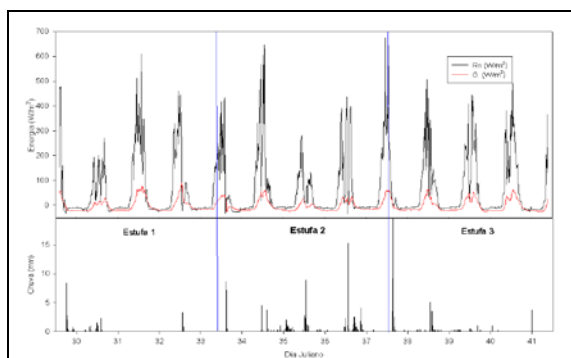


Figura 1. Série Temporal do Saldo de Radiação (Rn), Fluxo de Calor no Solo (G) e Precipitação observadas em três modelos de estufa: Arco c/ semilanternim (Estufa 1), Capela c/ semilanternim (Estufa 2) e Capela s/ semilanternim (Estufa 3).

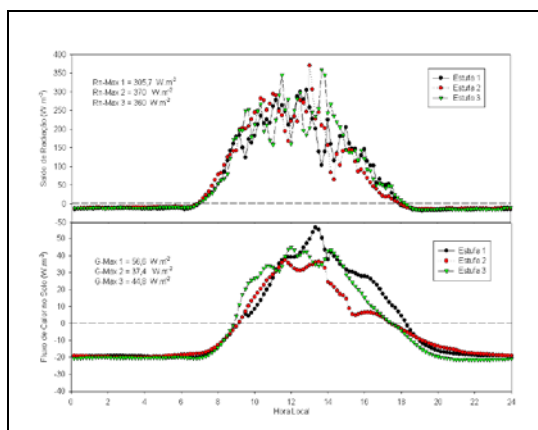


Figura 2. Ciclo diário médio do Saldo de Radiação (Rn), Fluxo de Calor no Solo (G) verificadas em estufas modelos Arco c/ semilanternim (Estufa 1), Capela c/ semilanternim (Estufa 2) e Capela s/ semilanternim (Estufa 3).

Balço de Energia Médio

A Tabela 2 apresenta a partição da energia para as três casas de vegetação. No primeiro caso (*Arco com semilanternim*), o total de energia foi 5,2 MJ/m².dia, com cerca de 3,7 MJ.m⁻².dia⁻¹ (71,5%) usado na evapotranspiração (LE) e 1,5 MJ.m⁻².dia⁻¹ (29%) para aquecer o ambiente interno (H). A contribuição do solo foi apenas 0,5% do total, sendo direcionado do solo para o interior da estufa.

No segundo tratamento (*Capela com semilanternim*), o saldo de radiação total (Rn) foi 5,0 MJ.m⁻².dia⁻¹, e observou-se um considerável aumento na partição desta energia para as componentes H e LE, sendo 75,8% usado no LE (3,8 MJ.m⁻².dia⁻¹) e 31,8% para H (1,6 MJ.m⁻².dia⁻¹), como consequência da energia disponibilizada pelo solo que apresentou cerca de -0,4 MJ/m².dia, 7,6% do total.

Na estufa modelo capela (*tratamento 3*), observou-se o maior valor de Rn (6,2 MJ.m⁻².dia⁻¹), mas a partição foi semelhante ao primeiro caso. Cerca de 71,1% foi usado na evapotranspiração (4,4 MJ.m⁻².dia⁻¹), 30,1% para aquecer o ambiente (1,9 MJ.m⁻².dia⁻¹) e somente 1,2% referente ao solo, que como nos outros casos, apresentou sinal negativo (-0,1 MJ.m⁻².dia⁻¹).

Tabela 2. Balço de Energia Médio no Interior das três Estufas.

	Rn	G	LE	H
ESTUFA 1				
W.m ⁻²	60,1 ^a	-0,3a	42,9a	17,5a
MJ.m ⁻² .dia ⁻¹	5,2	0,0	3,7	1,5
(%)		-0,5	71,5	29,0
ESTUFA 2				
W.m ⁻²	57,7 ^a	-4,4b	43,8a	18,3a
MJ.m ⁻² .dia ⁻¹	5,0	-0,4	3,8	1,6
(%)	-	-7,6	75,8	31,8
ESTUFA 3				
W.m ⁻²	72,0 ^a	-0,8a	51,2a	21,7a
MJ.m ⁻² .dia ⁻¹	6,2	-0,1	4,4	1,9
(%)	-	-1,2	71,1	30,1

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

Em média, observou-se uma diferença significativa nos valores de fluxo de calor no solo (G) entre os três tratamentos (Tabela 2). As demais variáveis do balço de energia não diferiram significativamente entre os tratamentos (p>0,05).

A Tabela 3 apresenta um estudo de caso da partição de energia na casa de vegetação de arco com semilanternim em um dia sem chuva (0mm) e outro com chuva (15,2mm). Nessas duas condições, os resultados encontrados foram significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p>0,01). O saldo de radiação nos dois dias foi 7,23 e 2,92 MJ.m⁻².dia⁻¹, respectivamente, uma redução de quase 60%. Os resultados encontrados mostram que na região de estudo, mesmo na época chuvosa a energia disponível ainda pode ser considerada alta.

A energia disponível para evaporar (LE) ficou em torno de 65% de Rn no dia sem chuva e de 87% de Rn no dia com chuva, uma redução de quase 47%, representando porém um grande aumento da partição da energia devido à disponibilidade de água a ser evaporada (Tabela 3). A energia usada para aquecer o ambiente também foi reduzida (42%) devido à influência da chuva.

Tabela 3. Balço de Energia em condições de chuva e ausência de chuva

Dia	Rn (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	G (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	LE (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	H (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)
31 (s/chuva)	7,23a	0,61a (8,5%Rn)	4,73a (65,4%Rn)	1,89a (26,1%Rn)
30 (c/chuva)	2,92b	-0,71b (-24,4%Rn)	2,54b (86,9%Rn)	1,10b (37,5%Rn)
Diferença	-4,31	-1,33	-2,19	-0,79
%	-59,6	-216,3	-46,3	-41,8

Valores seguidos de letra diferente na coluna diferem significativamente em nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

REFERÊNCIAS

Aguiar E Silva, M.A., Escobedo, J.F., Galvani, E., Assunção, H.F. Avaliação dos Elementos Energéticos em Ambiente Protegido Cultivado com A Cultura do Pimentão (*Capsicum annum* L.). In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ, 2000. CD-ROM.AG00005.