

BALANÇO DE ENERGIA NA FLORESTA DE CAXIUANA-PARÁ: ESTUDO DE CASO

Paulo Jorge de Oliveira¹, Carlos Capela², Julia Clarinda Cohen³, Leonardo Sá⁴, Marco Antonio Vieira², Maurício Castro da Costa²

ABSTRACT - A study was made with the purpose to evaluate the accuracy of the instrumentation that was recently installed in a micrometeorological Tower located at Caxiuana Forest, as part of the MilênioLBA Project. We focus the analyses at measurements of Energy Balance during the wet season of the Forest. According to the Energy Balance Ratio method, the energy closure was close to 88% during 24 hours period. Evapotranspiration component was responsible for 77% of the consumption of the energy available from Net Radiation. During the night time period, it was observed that the H and LE components were overestimated maybe because of advection component was not included in this analyses.

INTRODUÇÃO

A região Amazônica, com cerca de 6,3 milhões de km² de área, é considerada a maior floresta tropical úmida de todo o globo, tendo uma grande importância como fonte de calor na determinação da circulação geral da atmosfera (Nobre et al., 1991).

Muitos trabalhos já foram realizados com o objetivo de observar os fluxos atmosféricos de energia utilizando o método das covariâncias (eddy correlation). Na maioria dos ecossistemas tropicais, o fechamento do balanço de energia reportado ficou entre 70-80%, como no estudo citado por Malhi et al. (2002), onde o fechamento do balanço chegou a 77%.

Portanto, nesse o objetivo desse trabalho foi avaliar os fluxos turbulentos de energia em uma área de floresta utilizando o método das covariâncias, e verificar seu fechamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A Floresta Nacional de Caxiuana está localizada no setor Central do Estado do Pará, área pertencente à região do Arquipélago do Marajó. Nesta localiza-se a Estação Científica Ferreira Penna – ECFPn, uma base de pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, destinada a estudos de longo prazo e à formação de recursos humanos. O Projeto MilênioLBA opera um sítio experimental na área (00°50'31"S; 46°38'56"W; 30m), cuja floresta possui um dossel com altura média de 36 m. Recentemente esse sítio recebeu manutenção com instalação de novos sensores.

Como o objetivo é avaliar o funcionamento dos novos sensores instalados na torre, para tal tomou-se como referência um dia do período chuvoso da região (06 de Março de 2005) pertencente ao período da manutenção. Foram usados dados meteorológicos obtidos através de uma estação automática (CR10, Campbell Scientific), a qual realiza medidas em uma torre de 54m de altura, a cada minuto. Foram usados valores médios de Saldo de Radiação (Rn), Temperatura e Umidade Relativa do Ar (1, 8, 16, 30, 40, 43 e 52 m), e fluxo de Calor no solo (G) (20cm), a cada 30 minutos.

Os fluxos turbulentos de Calor Sensível (H) e Latente (LE) foram medidos usando-se o método das covariâncias. Para isto, foram usados dados obtidos pelo sistema constituído de um analisador de gás Licor 7000 do tipo "open path" (LICOR, Lincoln, Nebraska, USA) e um Anemômetro sônico 3D (Solent R3-50, Gill instruments, Lymington, UK) (Moncrieff et al. 1997). A saída digital combinada foi coletada a 20Hz de frequência em uma palmtop através do software eddylogp, e os fluxos médios posteriormente calculados para períodos de 30 minutos usando-se o software Alteddy do Alterra Green World Researchjan (elbers@wur.nl).

O armazenamento de energia (S_{ar}) no ar foi calculado de acordo com a metodologia proposta por McCaughey (1985) e a energia armazenada na Biomassa (S_{bio}) segundo Moore e Fisch (1996).

A análise do Balanço de energia foi feita de acordo com Wilson et al., (2002), onde o fechamento podia ser tratado através de regressão Linear e da Razão do Balanço de Energia (EBR), conforme fórmula abaixo:

$$EBR = \sum(H + LE) / \sum(Rn - G - S_{ar} - S_{bio})$$

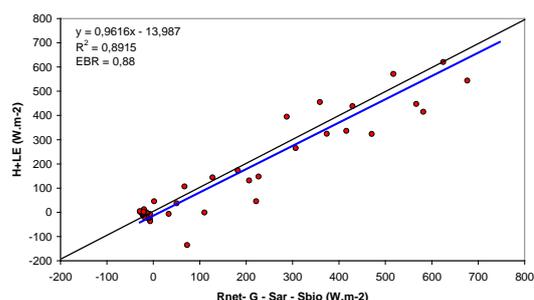


Figura 1. Regressão Linear do Balanço de Energia na floresta de Caxiuana : Caso do dia 06 de Março.

Onde **H** é Fluxo de Calor Sensível; **LE** é o Fluxo de Calor Latente; **Rn** é o Saldo de Radiação; **G** é o Fluxo de Calor no Solo e **Sar** e **Sbio** é o Armazenamento de energia na coluna de ar e na biomassa, abaixo do sistema de medidas de fluxos, em W.m⁻².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a regressão linear do Balanço de Energia. Para este dia específico, nota-se que o fechamento do balanço de energia chega a 96% na Floresta de Caxiuana (R² = 0,89), apresentando, porém interceptação de -15,2 (Tabela 1), o que ainda não representa a melhor interceptação (0,0).

Na condição de melhor interceptação (0,0), o fechamento do balanço de energia apresenta um valor de 93% (Slope = 0,93). Baseado no método de Razão do Balanço de Energia (EBR), percebe-se na Tabela 1 que o Balanço nas 24 horas chega a 88%.

¹ Msc. Prof. do 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 Bolsista DTI MilênioLBA, Universidade Federal do Pará, UFPA. Belém, PA.

³ Dra.Profa. do Departamento de Meteorologia. UFPA. Belém, PA. E-mail: icpcohen@ufpa.br.

⁴ Dr. Pesquisador CNPQ. Museu Paraense Emílio Goeldi. Av. Perimetral, s/n. Belém, PA. E-mail: lds@museu.goeldi.br

Tabela 1. Coeficientes médios da Regressão Linear e Razão do Balanço de Energia.

	Intercept	Slope	R ²	EBR
24hs	-13.99	0.96	0.89	0.88

Normalmente quando o ecossistema é horizontalmente homogêneo, considera-se o termo de advecção como sendo desprezível (Oliphant, et al., 2004). Na floresta de Caxiuanã, no entanto, que esta localizada em uma região cercada por uma Baía, este termo torna-se bastante importante sendo motivo de recentes preocupações.

O não fechamento do balanço de energia depende de diversos fatores, dentre eles as diferentes representatividades associadas à estimativa de cada um de seus termos, além das dificuldades associadas às precisões das medidas de suas componentes. Em caxiuanã, a exclusão do termo de advecção talvez seja uma das causas que determinam um mal fechamento (EBR=0,88).

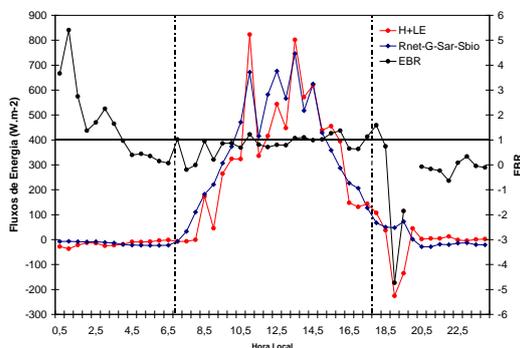


Figura 2. Ciclo Diário da componentes do Balanço de Energia e da Razão do Balanço de Energia (EBR).

Na maior parte do período diurno o balanço de energia apresenta um bom fechamento como mostrado pela Figura 2. No início da manhã, o valor de EBR atinge um valor alto, o que representa uma superestimativa dos valores de H e LE. Isto pode representar dois fatos importantes: a diferença na precisão das estimativas diurnas dos fluxos comparativamente aquelas noturnas mais incertas. Fatores físicos importantes como a advecção interferindo mais no balanço de energia noturno. Como o objetivo aqui foi apenas avaliar o funcionamento do sistema, nenhuma correção foi aplicada a estes dados.

Efetivamente uma interpretação que podemos dar aos altos valores de EBR durante a noite, seria o efeito da exclusão do termo de advecção. No início da noite, houve um evento de chuva o que fez com que a floresta se esfriasse e recebesse energia da atmosfera através da componente H.

A Tabela 2 nos fornece os valores médios das componentes do balanço de energia para o ecossistema de Floresta em MJ/dia. Considerou-se o período Diurno ou Noturno, dependendo dos valores do Saldo de Radiação serem positivos ou negativos, respectivamente. No geral, maior parte da energia neste ecossistema é utilizado para a evapotranspiração (77%) enquanto apenas 11% são usados na forma de Calor Sensível (H). As demais componentes usam muito pouco da energia nas 24 horas.

Durante o período do dia, a partição da energia segue o mesmo padrão das 24 horas, com maior parte da energia sendo usada na evapotranspiração. Uma

parte da energia fica armazenada no volume de ar abaixo, como mostrado pelos valores encontrados de Sar (2,3%) e Sbio (1,15%). Cerca de 1,53% de Rnet é transmitido ao solo.

Tabela 2. Valores médios dos Fluxos de Energia em Caxiuanã (MJ.dia⁻¹).

	Fluxos médios de Energia (MJ/dia)					
	Rn	H	LE	Sar	Sbio	G
24hs	14.45	1.52	11.13	0.03	0.01	0.01
Dia	15.63	2.02	11.55	0.36	0.18	0.24
Noite	-1.12	-0.43	-0.38	-0.32	-0.16	-0.21

Durante o período noturno, o ecossistema devolve a energia consumida durante o dia em uma taxa aproximadamente igual, apenas para as componentes de armazenamento (G, Sar e Sbio). Em relação as componentes H e LE, observou-se maior contribuição da componente H, a qual foi responsável por cerca de 38% da energia noturna, ao passo que a condensação devolveu 12% da energia. As demais componentes (Sar, Sbio e G) foram responsáveis por 28,6%, 14,3% e 18,8% da energia noturna, respectivamente.

CONCLUSÕES

Usando os dois métodos de análises, o fechamento do balanço de energia neste ecossistema, ficou entre 88 e 96%. O efeito da advecção no balanço de energia em Caxiuanã talvez seja algo que mereça mais atenção por parte da comunidade científica. Maior parte da energia, como já se suspeitava, foi usada na evapotranspiração (77%). As componentes de armazenamento possuem papel importante quando analisamos o balanço de energia em períodos diurno e noturno. Nas 24 horas, estas componentes podem ser consideradas de menor importância, mas não desprezíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao MilênioLBA, ao Museu Goeldi e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

- Malhi, Y., E. Pegoraro, A.D. Nobre, M.G.P. Pereira, J. Grace, A. Culf and R. Clement, 2002. Energy and Water dynamics of a central Amazonian rain forest. *Journal of Geophysical Research*, 107 (D20), LBA special issue.
- McCaughy, J.H., 1985. Energy balance storage terms in a mature mixed forest at Petawawa, Ontario—a case study. *Boundary-Layer Meteorol.* 31, 89–101.
- Moore, C.J., Fisch, G., 1986. Estimating heat storage in Amazonian Tropical Forest. *Agric. For. Meteorol.* 38, 147–169.
- Wilson, K., et al. 2002. Energy balance closure at FLUXNET sites. *Agric. For. Meteorol.* 113, 223–243.
- Oliphant, A.J., Grimmond, C.S.B., Zutter, H.N., Schmid, H.P., Su, H.-B., Scott, S.L., Offerle, B., Randolph, J.C., Ehman, J. 2004. Heat storage and energy balance fluxes for a temperate deciduous forest. *Agric. For. Meteorol.* 126, 185–201.