

FECHAMENTO DO BALANÇO DE ENERGIA EM UM ECOSISTEMA DE MANGUEZAL PARAENSE

Paulo Jorge de OLIVEIRA¹, Rafael FERREIRA DA COSTA², Antonio C. Lola da COSTA³, José Maria N. da COSTA⁴, Yadvinder MALHI⁵, Patric MEIR⁵, Rommel B.C. SILVA⁶, Vanda M.S. ANDRADE⁶, João A. SILVA JUNIOR⁷, Alan BRAGA⁸, Paulo H.L. GONÇALVES⁸

INTRODUÇÃO

O interesse científico no estudo dos fluxos turbulentos de energia em diferentes ecossistemas, tem se tornado cada vez mais importante. Muitos trabalhos já foram realizados no intuito de observar os fluxos atmosféricos de energia utilizando o método de eddy correlation, cuja metodologia tem sido empregada com sucesso no Brasil em áreas de florestas (Malhi et al., 1998), cana-de-açúcar e cerrado. 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%. Pouco ou quase nada se sabe sobre os processos de trocas de massa e energia, dentro e fora do ecossistema de manguezal, principalmente, a região costeira do Pará, que é muito carente em dados micrometeorológicos que possam caracterizar climatologicamente os manguezais.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi estudar os fluxos turbulentos em áreas de mangue, utilizando a técnica de eddy correlation, e verificar seu fechamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O Manguezal Nordeste do Estado do Pará abrange o estuário do rio Caeté, em cuja margem localiza-se o município de Bragança. O projeto CARBOPARA - LBA opera um sítio experimental na área (00°50'31"S; 46°38'56"W; 30m), cuja floresta possui um dossel com altura média de 18 m, e árvores emergentes de até 25m.

O período do estudo é referente ao mês de novembro de 2002, que corresponde ao período seco da região. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos por uma estação automática (CR10, Campbell Scientific), a qual realizava medidas em uma torre de 27m de altura, a cada 5 minutos. Foram usados valores médios de saldo de radiação (R_n), temperatura do ar (2, 25 e 30 m), e temperatura do solo (5 e 20cm), a cada 30 minutos.

Os fluxos turbulentos de calor sensível (H) e latente (LE) e velocidade de fricção (u^*) foram medidos usando-se a técnica de eddy covariance, o qual possui um sistema do tipo "closed path" baseado em um Anemômetro sônico 3D (Solent R-3, Gill instruments, Lymington, UK) e um analisador de gás infravermelho LiCor 6262 (LICOR, Lincoln, Nebraska, USA). A saída digital combinada era coletada a 20Hz de frequência em um computador laptop, e os fluxos médios calculados em tempo real, para períodos de 30

minutos usando-se o software Edisol da Universidade de Edinburgo (Moncrieff et al. 1997).

O fluxo de Calor no solo (G) foi obtido através do perfil de temperatura no solo, usando um valor de condutividade do solo sugerido por Ribeiro (2001). O armazenamento de energia (S) na Biomassa e no Ar foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Moore and 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 através da razão do balanço de energia (EBR), conforme fórmula abaixo:

$$EBR = \frac{\sum(H + LE)}{\sum(R_n - G - S)} \quad (1)$$

onde H é fluxo de calor sensível; LE é o fluxo de calor latente; R_n é o saldo de radiação; G é o fluxo de calor no solo e S é o armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, de forma geral, o fechamento do balanço de energia chega a 82% na região de Manguezal ($R^2 = 0,88$), apresentando, porém, interceptação de $-15,2$ (Tabela 1), um valor ainda um pouco distante da melhor interceptação (origem).

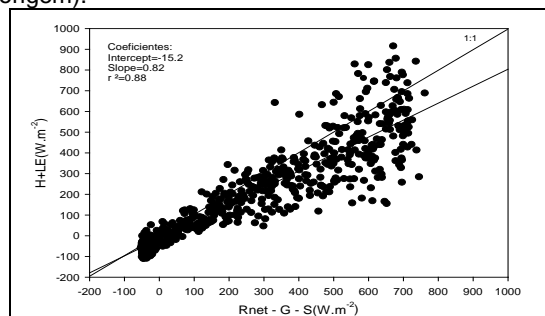


Figura 1. Relação entre fluxos de calor sensível e turbulento ($H + LE$) e energia disponível

Quando o balanço é analisado por período diurno e noturno, encontra-se diferença marcante. Durante o dia, o fechamento cai para 79%, mas a interceptação da reta de regressão aproxima-se mais do valor ideal, atingindo $-5,4$ com correlação 0,71 (Tabela 1)

Já no período noturno, a correlação encontrada é muito pequena ($R^2 = 0,07$), onde o fechamento do balanço cai ainda mais (70%) e com uma interceptação maior ainda ($-21,6$).

¹ Msc. Prof. do Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural da Amazônia. UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, CP 917. Belém, PA – CEP: 66077-530. E-mail: pjosouza@aol.com.

² Museu Paraense Emilio Goeldi. Av. Perimetral, s/n. Belém, PA. E-mail: rfcostampeg@bol.com.br.

³ Dr., Prof. do Departamento de Meteorologia. Centro de Geociências. UFPA. Belém, PA. E-mail: lola@ufpa.br.

⁴ Phd., Prof. do Departamento de Engenharia Agrícola. UFV. Viçosa, MG. E-mail: jmncosta@ufv.br.

⁵ Phd. Department of Ecology. UEdin. Edinburgh, UK.

⁶ Mestrando da UFV

⁷ Estudante de Meteorologia, UFPA.

⁸ Bolsista, Meteorologista, UFPA.

Tabela1. Coeficientes médios da Regressão Linear e Razão do Balanço de Energia.

	Intercept	Slope	R ²	EBR
24hs	-15.2	0.82	0.88	0.71
Dia	-5.4	0.79	0.71	0.78
Noite	-21.6	0.7	0.07	1.3

Baseado no método de razão do balanço de energia (EBR), verifica-se ainda na Tabela 1 que o balanço nas 24 horas chega a 71%, melhorando ainda mais quando analisamos em períodos. Isso pode ser notado também na Figura 2. Durante o dia, o fechamento do balanço de energia chega a 78%, apresentando, durante o ciclo diário, um aumento gradual no fechamento, quando o valor de EBR aproxima-se de 1.

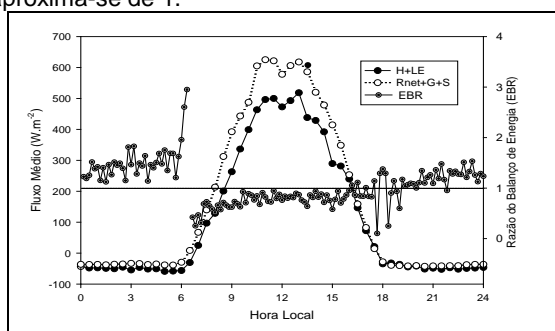


Figura 2. Curso horário do fluxo de energia e razão do balanço de energia

No período noturno, os valores de EBR indicam que há uma superestimativa no balanço de energia, devido a uma superestimativa nas componentes H e LE ou então a uma sub-estimativa na energia disponível (Rn).

Segundo Oliveira et al, (2003), durante o período noturno, este ecossistema apresenta a presença constante de ventos intensos, favorecendo assim a turbulência esporádica durante a noite. Com isso, fenômenos como evaporação noturna podem acontecer continuamente ao longo da noite neste ecossistema de Manguezal.

A Figura 3 mostra a influência da velocidade de fricção no fechamento do Balanço de energia. Durante a maior parte do dia, o fechamento do balanço não ultrapassa a unidade mesmo com ventos intensos. Já no período noturno, onde normalmente existe uma sub-estimativa das medidas turbulentas sob condição de estabilidade, neste ecossistema específico, o fechamento do balanço supera os 100%, aumentando cada vez mais à medida que ocorrem condições de vento intenso. Isso sugere que os fluxos turbulentos podem estar sendo medidos corretamente, ao contrário das outras componentes que são medidas em baixa frequência, podendo estar sendo sub-estimadas.

A tabela 2 fornece os valores médios das componentes do balanço de energia para o ecossistema de manguezal. No geral, maior parte da energia neste ecossistema é utilizada para a evapotranspiração (42%), enquanto apenas 30% são usados na forma de Calor Sensível (H).

O saldo de radiação disponível no ecossistema é, em média, cerca de 13,4 MJ.dia⁻¹, com as componentes H e LE utilizando aproximadamente 4 e

5,6 MJ.dia⁻¹, respectivamente. As demais componentes podem ser consideradas desprezíveis.

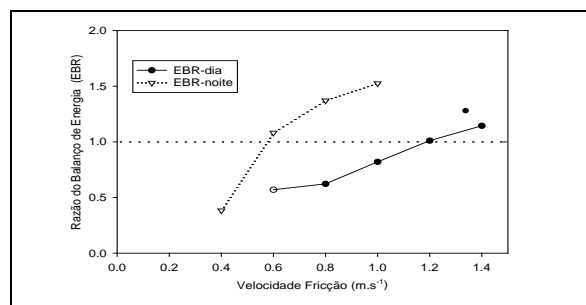


Figura 3. Razão do Balanço de energia em função da velocidade de fricção

Tabela2: Valores médios dos Fluxos de Energia em Manguezal (MJ.dia⁻¹)

	Fluxos médios de Energia (MJ/dia)					
	Rn	H	LE	Sar	Sbio	G
24hs	13,37	3,98	5,59	-0,01	0,00	-0,04
Dia	32,25	13,18	11,90	0,06	0,01	-0,05
Noite	-3,33	-4,15	0,02	-0,07	-0,01	-0,03

Tanto durante o dia como durante a noite, parte da energia é transmitida da superfície para o solo. O valor de 0,02 MJ.dia⁻¹ encontrado para LE durante a noite, sugere que existem eventos esporádicos de evapotranspiração durante o período noturno, o que era de se esperar devido à presença constante de circulação.

O valor encontrado de H no período noturno (-4,15 MJ.dia⁻¹), o qual supera a o saldo de energia, pode estar associado com a possibilidade de advecção lateral de calor Sensível devido à própria brisa.

CONCLUSÕES

Usando os dois métodos de análise, o fechamento do balanço de energia neste ecossistema, ficou entre 71 e 82%. A superestimativa do balanço durante a noite, pode estar associada à presença constante de vento, o qual favorece as medidas dos fluxos turbulentos durante este período. Devido a esta condição existem eventos de evapotranspiração noturna e advecção de calor sensível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Malhi, Y., A.D. Nobre, J. Grace, B. Kruijt, M.G.P. Pereira, A. Culf and S. Scott, 1998. Carbon dioxide transfer over a central Amazonian rain forest. *Journal of Geophysical Research*, 103 (D24), 31593-31612.
- 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.