

# Armazenamento térmico acima do solo e balanço de energia em floresta de terra firme na Amazônia central

Alessandro Augusto dos Santos Michiles, Ralf Gielow

*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
e-mail: michiles@cptec.inpe.br*

## 1. Introdução

O conhecimento dos fluxos de energia que ocorrem sobre florestas é fundamental para qualquer modelo que simule a interação solo-vegetação-atmosfera. No caso de florestas densas de terra firme da Amazônia, a taxa de armazenamento térmico de energia acima do solo (TAE) pode apresentar-se como um termo significativo para o balanço de energia em superfície (BES), especialmente durante curtos períodos de tempo.

Os objetivos deste trabalho foram determinar a TAE, por meio de uma metodologia simplificada, e verificar o seu papel no BES para uma região de floresta de terra firme na Amazônia central.

## 2. Material e métodos

Por meio da estação automática instalada na torre montada, durante o projeto LBA, numa área de floresta de terra firme da Reserva Biológica do Cuiciras (02°36'45" S, 60°12'40" O), situada ao norte de Manaus-AM, foram registrados os dados utilizados neste trabalho, ou seja, temperatura ( $T$ ) e umidade do ar ( $q$ ), saldo de radiação ( $R_n$ ), fluxos turbulentos de calores sensível ( $H$ ) e latente ( $LE$ ), e fluxo de calor no solo ( $G$ ).

Conforme detalhado em Michiles (2005), o cálculo da TAE total numa floresta ( $S$ ) é realizado dividindo-a em três termos principais, isto é, TAE no ar ( $S_{ar}$ ), nos troncos ( $S_{tr}$ ) e nos outros componentes da biomassa ( $S_{bio}$ ). Considerando uma única camada de ar de altura  $h_f + d_0$  (altura média da floresta + deslocamento do plano zero), e que as variações horárias de temperatura e umidade específica do ar são representadas por uma medida pontual num único nível acima do dossel (51,1 m),  $S_{ar}$  é dado por:

$$S_{ar} = \rho_a (c_p \Delta \bar{T} + L \Delta \bar{q}) \frac{(h_f + d_0)}{\Delta t} \quad (1)$$

sendo  $\rho_a$ ,  $c_p$ , respectivamente, a massa específica e o calor específico à pressão constante do ar, e  $L$  o calor latente de vaporização da água. O cálculo de  $S_{tr}$  é realizado através da expressão:

$$S_{tr} = m_{tr} c_{tr} \alpha \frac{\overline{\Delta T}(t + \tau)}{\Delta t} \quad (2)$$

em que  $m_{tr}$  e  $c_{tr}$  são, respectivamente, a massa por unidade de área da floresta e o calor específico dos troncos;  $\alpha$  ( $= 0,52$ ) e  $\tau$  ( $= 2$  h) representam, respectivamente, a atenuação da onda de temperatura do ar e a diferença de fase entre as ondas de temperatura do ar e dos troncos.  $S_{bio}$  (ramos -  $r$ , galhos -  $g$ , folhas -  $f$ , liteira -  $l$  e outros -  $o$ ) é obtido através da equação:

$$S_{bio} = [m_r c_r + (m_g + m_l) c_g + (m_f + m_o) c_f] \beta \frac{\overline{\Delta T}}{\Delta t} \quad (3)$$

na qual  $m$  e  $c$  são, respectivamente, a massa por unidade de área e o calor específico estimados para cada um dos componentes da floresta do sítio;  $\beta$  ( $= 0,72$ ) representa o mesmo que  $\alpha$ , mas para  $S_{bio}$ .

O fechamento do BES foi avaliado através da obtenção dos coeficientes linear, angular e de determinação de regressões lineares entre os valores horários da soma dos fluxos não-radiativos ( $H + LE + S + G$ ) e do saldo de radiação ( $R_n$ ). O fechamento ideal é representado pelos valores 0, 1 e 1 dos coeficientes linear, angular e de determinação, respectivamente.

### 3. Resultados e discussão

Para o cálculo da TAE e do BES, foram selecionados quinze dias sem a ocorrência de precipitação pluviométrica, entre os dias 22 de setembro e 21 de outubro de 2003, durante a estação seca.

Em termos horários (Figura 1a), verifica-se que a TAE total,  $S$ , é geralmente negativa antes do nascer-do-sol e após as 16 HL; apresenta valores matutinos usualmente entre 20 e 50  $W m^{-2}$ , e alcança os máximos durante o início da manhã com valores que podem exceder 100  $W m^{-2}$ . Durante os quinze dias, os componentes  $S_{ar}$ ,  $S_{tr}$  e  $S_{bio}$ , contribuíram para  $S$ , respectivamente, com: 18, 49 e 33%.

Em média, para os dias selecionados, o valor médio absoluto da diferença residual entre  $R_n$  e o somatório  $H + LE + S + G$  (Figura 1b), foi de  $42 \pm 49 W m^{-2}$ . Sem a inclusão de  $S$  neste cálculo, a diferença passou a ser de  $53 \pm 54 W m^{-2}$ .

Através das regressões lineares, verificou-se que a inclusão de  $S$  nos cálculos do BES, tanto em termos diários (Figura 2) quanto diurnos e noturnos (não apresentados), melhora ligeiramente seu fechamento.

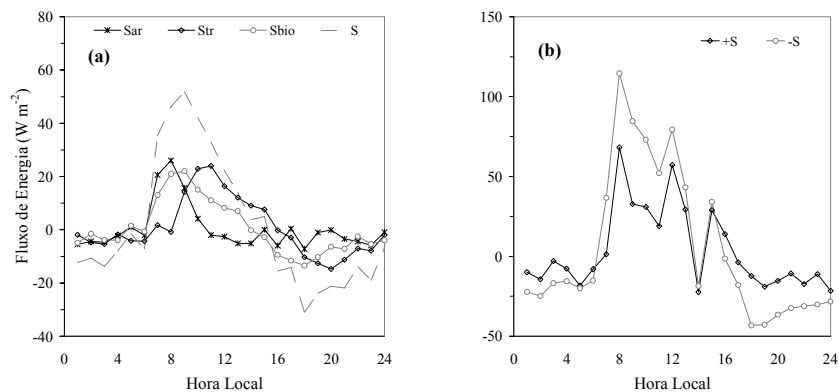


Figura 1. Variação horária média (a) de  $S_{sp}$ ,  $S_{tr}$ ,  $S_{bio}$  e  $S$ ; (b) da diferença residual entre  $R_n$  e a soma dos fluxos não-radiativos incluindo e não incluindo  $S$  ( $+S$  e  $-S$ , respectivamente), durante os quinze dias selecionados

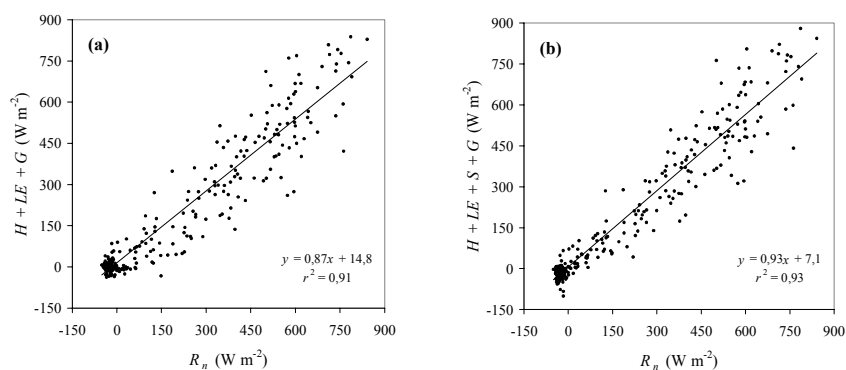


Figura 2. Regressões entre (a)  $H + LE + G$  e  $R_n$ ; (b)  $H + LE + S + G$  e  $R_n$ , para os ciclos diários ( $n = 360$ ) dos mesmos dias apresentados na Figura 1.

#### 4. Conclusões

Para florestas de terra firme da Amazônia central, em dias sem chuva, pode-se utilizar o método para o cálculo de  $S$  apresentado neste trabalho, não ocorrendo desvios significativos dos resultados obtidos através de métodos mais completos. No que concerne ao fechamento do balanço de energia, observou-se uma relativa melhora quando se inclui  $S$  nos cálculos, particularmente durante as primeiras horas do dia, quando  $S$  atinge seus valores máximos e pode ser uma fração significativa de  $R_n$ .

## 5. Referência bibliográfica

Michiles, A. A. S. **Taxas de armazenamento de energia e fluxos de calor nos troncos em floresta de terra firme na Amazônia central.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE. 2005. 215 p.