

VARIABILIDADE DOS FLUXOS DE ENERGIA EM UM ECOSISTEMA DE PASTAGEM EM RONDÔNIA

ALBERTO D. WEBLER¹, JOSIANE B. GOMES², RENATA G. AGUIAR³, NARA A. L. REIS⁴, LEONANDO G. AGUIAR⁵, MARCOS L. A. NUNES⁶

1 Graduando de Engenharia Ambiental, Depto. de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, UNIR, Ji-Paraná - RO, Fone: (0 xx 69) 8417 8386, betowebler@ibest.com.br.

2 Graduanda de Engenharia Ambiental, Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

3 Matemática, doutoranda do PPG em Física Ambiental – UFMT e Profa.do Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

4 Enga. Sanitária Ambiental, doutoranda do PPG em Física Ambiental – UFMT e Profa.do Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

5 Doutorando do PPG em Meteorologia Agrícola – UFV, Viçosa – MG.

6 Graduando de Engenharia Ambiental, Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

RESUMO: A Amazônia atualmente tem despertado o interesse da comunidade científica à sua compreensão. Devido sua grande biodiversidade e riquezas naturais, essa comunidade tem buscado entender o que poderá acarretar as constantes transformações que vem ocorrendo na floresta dessa região. Visto que parte das florestas que são derrubadas tem por finalidade a formação de pastagem o presente estudo apresenta o comportamento dos fluxos de energia, nos períodos úmido e seco, mostrando a sazonalidade e alguns fatores intermitentes a variação em uma área de pastagem em Rondônia. As medidas foram feitas em um sítio experimental pertencente à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – Programa LBA. Os resultados denotaram variações nos períodos do ano na pastagem, no qual o período seco correspondeu ao período que apresentou maior quantidade de energia média disponível para o calor latente (53,4%) e sensível (46,7%), ocasionado primordialmente pela falta de cobertura de nuvens.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, calor latente, calor sensível.

ABSTRACT: The Amazon currently has aroused the interest of the scientific community to understand. Because of its rich biodiversity and natural resources this community has sought to understand what might lead to the constant transformations that have occurred in the forest in this region. Since part of the forests are felled aims at the formation of pasture present study the behavior of energy flows in the wet and dry periods, showing the seasonal factors and some of its intermittent variation in the years in an area of pasture in Rondônia. Measurements were made on an experimental site belongs to the network of towers of Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia - LBA Program. Results reflect variations in the times of the year in the pasture, where the dry period corresponded to the period with the highest average amount of energy available to the latent heat (53.4%) and sensitive (46.7%), caused primarily by lack cloud cover.

KEYWORDS: Amazon, latent and sensible heat.

INTRODUÇÃO: A Amazônia atualmente tem despertado o interesse da comunidade científica à sua compreensão, devido sua grande biodiversidade, riquezas naturais e sua complexidade. Uma das mais relevantes problemáticas da atualidade são as contínuas e crescentes alterações no cenário amazônico. Correia et al. (2006) relatam que a forma mais presente e detectável de mudanças do uso da terra na Amazônia tem sido a conversão de florestas de dosséis fechados em campos de pastagens e de cultivos, comprometendo a

fertilidade do solo em decorrência dos longos períodos de monocultura.

Uma vez que inúmeros estudos evidenciam as intensas e determinantes modificações ocorridas no ecossistema amazônico em função do desflorestamento (FOLEY et al., 2003), é preciso ocorrer um adequado planejamento da agricultura para o século XXI, em termos de produtividade e impactos ambientais, considerando todos os fatores associados ao meio ambiente (RODRIGUES e PITA, 2003), e entender como a mudança do uso do solo afetará o clima local e global. São poucas as referências do comportamento do balanço de energia em pastagens durante as diferentes estações do ano, apesar da sua utilização na identificação do consumo hídrico. Neste sentido, o presente estudo busca evidenciar o comportamento dos fluxos de energia, nos períodos úmido e seco, mostrando a sazonalidade e alguns fatores intermitentes de sua variação nos anos de 2000 a 2005 em uma área de pastagem em Rondônia.

MATERIAL E MÉTODOS: As medidas foram feitas nos anos de 2000 a 2005 em um sítio experimental pertencente à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – Programa LBA, em Rondônia. O referido sítio está localizado na Fazenda Nossa Senhora (10°45'S e 62°22'W), no município de Ouro Preto do Oeste, e foi desmatado no ano de 1977. O sítio encontra-se no centro de uma área desmatada com aproximadamente 50 km de raio, com 293m acima do nível do mar, tendo como cobertura vegetal, predominante, a gramínea *Bracchiaria brizantha*, além de pequenas palmeiras dispersas. As medidas dos fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) foram obtidas por um sistema de medição de alta frequência dos fluxos de superfície composto por um anemômetro sônico tridimensional (Solent 1012R2, Gill Instruments, UK) e um analisador de gás por infravermelho (IRGA, Li-6262, LICOR, EUA). Esses sensores estavam conectados a um microcomputador tipo “palmtop” que fazia as leituras dos sensores com uma frequência de 10Hz e armazenava os dados brutos em arquivos a cada 30 minutos.

Esses dados brutos contendo as flutuações em alta frequência das componentes da velocidade do vento medidas pelo anemômetro sônico, e da concentração de água medidos pelo IRGA foram processadas em um computador com o auxílio do software Alteddy a fim de se obter os fluxos turbulentos de massa e energia (fluxo de H, LE e CO₂) por meio do sistema de correlação de vórtices turbulentos (*Eddy Correlation*).

O saldo de radiação (R_{liq}) foi calculado por meio da equação 1, a radiação de onda curta (ROC) incidente e refletida foi medida pelos sensores piranômetros da KippZonen CM21, a radiação de onda longa (ROL) incidente e refletida foi medida utilizando os sensores da KippZonen CG1.

$$R_{liq} = (ROC_{in} - ROC_{ref}) + (ROL_{in} - ROL_{ref}) \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Fazenda Nossa Senhora (FNS) apresenta período úmido característico de janeiro a março, úmido-seco de abril a junho, período seco de julho a setembro e seco-úmido de outubro a dezembro, com precipitação média anual de 1754,3 mm (WEBLER et al., 2007). Ao analisar o particionamento da energia no período de 2000 a 2005 foi observado que em média 46,3% era destinada ao calor latente (LE), 30,6% ao calor sensível (H) e 0,4% ao fluxo de calor no solo (G), representando um total destinado a essas três componentes de 77,3%, sendo que o restante se deve a fatores como o armazenamento de energia na biomassa, fotossíntese e a erros inerentes às medidas. Diversos trabalhos mostram que o fechamento do balanço de energia na Região Amazônica é de cerca de 80%. Von Randow et al. (2004) encontrou um fechamento de 74,04% ao analisar o balanço de energia

na mesma área de pastagem e Foken (2008) apresenta uma ampla discussão sobre os problemas no fechamento do balanço de energia.

O fechamento do balanço de energia em dois períodos do ano está apresentado nas Figuras 1a e 1b, é possível verificar que há uma diferenciação entre ambos, isso ocorre principalmente devido à pluviosidade que interfere nas medidas. O período seco apresentou melhor fechamento, por volta de 88%, com um coeficiente de determinação $R^2=0,89$, isso se deve a maior ocorrência de dias de céu claro, uma vez que os sensores utilizados apresentam um melhor desempenho nessas condições.

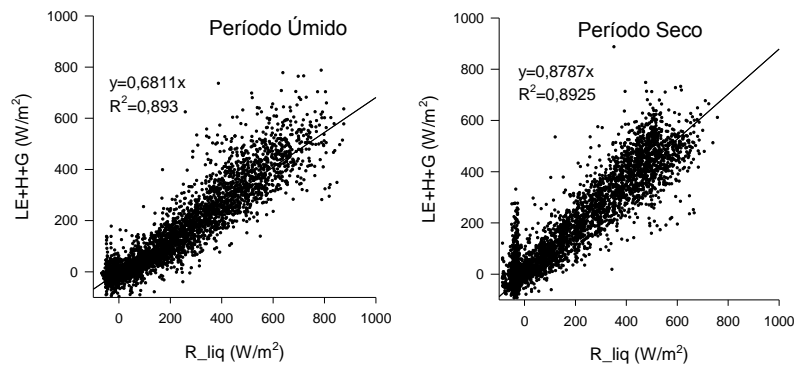


Figura 1 - Relação entre a energia líquida disponível no sistema (R_{liq}) e soma dos fluxos de calor latente (LE), sensível (H) e fluxo de calor no solo no período úmido ($n=6646$), e seco ($n=6142$).

A maior quantidade de energia disponível no sistema foi utilizada como LE, seguida pelo H, no qual a partição de R_{liq} em LE implica na determinação do ciclo hidrológico, influenciando diretamente na precipitação. Na Figura 2 se observa o comportamento dos fluxos de LE, H, G e do saldo de radiação no período úmido, onde é perceptível que o LE foi superior ao H e G. Um dos fatores preponderantes para a elucidação de tal fato é a presença em abundância de partículas de água no ar e grande quantidade de água disponível no solo para as plantas, o que faz com que a maior parte da energia que chega seja destinada à evapotranspiração e uma menor parte para o aquecimento do ar.

No período seco (Figura 3), há uma diminuição de 13% do R_{liq} disponível em relação ao período úmido, e o LE ocorre um aumento de 41,05% para 53,4% no particionamento total no balanço de energia. Em contrapartida, o H passa de 22,5% no período úmido para 46,7% no seco e o G é de 2,7%, gerando um fechamento de energia de 102,8%. Isso ocorreu devido ao período noturno apresentar R_{liq} negativo, resultando em uma perda de energia do sistema, no entanto, durante o dia R_{liq} foi maior que o $G+H+LE$, gerando entre às 7h e 18h um fechamento de 90%, valor superior ao encontrado em diversos trabalhos.

Um dos grandes problemas em calcular tanto a radiação como os fluxos turbulentos é a interferência da pluviosidade, contudo no período seco a precipitação é menor cerca de 7mm/mês por mês, conforme encontrado por Webler (2007), o que facilita um melhor fechamento, como o fechamento apresentado de 88%.

Não obstante, é possível notar que LE e H ficam bem próximos no período seco, devido a um aumento considerável de H. Isso ocorre devido ao déficit de chuvas característico dessa época do ano na região e à menor quantidade de partículas de água presentes no ar ocasionada pelo estresse hídrico da gramínea *Brachiaria brizantha*, diminuindo assim, a abertura dos seus estômatos, evitando a perda de água por meio de processos de transpiração.

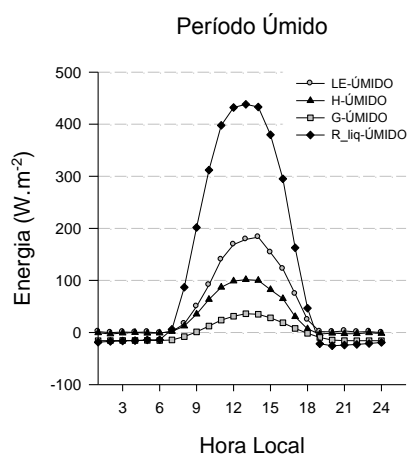


Figura 2 - Fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H) e calor no solo (G) e saldo de Radiação (R_liq).

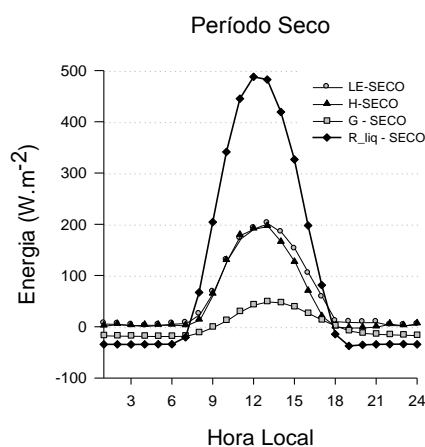


Figura 3 - Fluxos de calor latente (LE), calor sensível (H) e calor no solo (G) e saldo de Radiação (R_liq).

Em suma, se observa que o sítio estudado apresenta diferenças durante os dois períodos do ano, ao comparar essa área de pastagem com ecossistemas coberto com área de floresta é visível que a pastagem apresenta maior vulnerabilidade, apresentando-se mais suscetível a variações sazonais da partição do saldo de energia, principalmente nos meses com menores níveis de precipitação. Na Tabela 1 são apresentados resultados de estudos em áreas de floresta em Rondônia, 100km do sítio estudado, comparando com os resultados desse trabalho.

Tabela 1 - Valores médio do saldo de radiação (R_liq), fluxo de calor latente (LE) e sensível (H) em área de pastagem (FNS) e de floresta (Aguiar et al., 2006; Von Randow et al., 2004), nos períodos úmido e seco

	Período	FNS	Aguiar et al., 2006	Von Randow et al., 2004
R_liq	Úmido	123,39	134,3	136,1
	Seco	108,31	131,6	146,9
LE	Úmido	50,65	115,5	104,5
	Seco	57,84	92,9	108,6
H	Úmido	27,76	17	31,6
	Seco	50,63	37,1	38,3

O saldo de radiação apresenta uma diferença média entre os diferentes ecossistemas – Floresta e Pastagem - nos períodos úmido e seco de, respectivamente, 10% e 29%, no qual essa diferença mostra que a área de floresta utiliza mais energia para os seus processos. Deste total de R_liq disponível, embora ambos os ecossistemas particionem mais R_liq em LE, a floresta apresenta taxas maiores de LE (86% no período úmido, 70,6% no período seco) e menores de H (12,6% no período úmido e 28,3% no período seco), do que a área de pastagem, que apresenta uma partição do R_liq nos períodos seco e úmido, respectivamente, 41% e 53,4% LE, e 22,5% e 46,7% de H.

Esta diferença de particionamento dos fluxos nos diferentes ecossistemas se torna maior durante o período seco, evidenciando uma maior vulnerabilidade da pastagem às alterações sazonais, onde maior parcela da energia passa a ser destinada para o aquecimento do ar e do solo (em forma de H). Deste modo, ao ocorrer o desflorestamento, ocorre principalmente o aumento do uso de energia para H, e, conseqüentemente, o acréscimo da temperatura do ar, corroborando com o efeito estufa.

CONCLUSÃO: Os resultados denotaram variações nos períodos do ano na pastagem, no qual o período seco correspondeu à época que apresentou maior quantidade de energia média disponível para o calor latente e sensível, ocasionado primordialmente pela falta de cobertura de nuvens. No fluxo de calor latente houve pouca variação no ano, visto que mesmo com a diminuição de partículas de água no solo e na atmosfera houve a influência da cobertura de nuvens nesse processo, contudo o fluxo de calor sensível teve aumento de 22,5% para 46,7% no balanço de energia no período seco.

O saldo de radiação apresentou maiores valores nos períodos seco, com diferença de 13%, sendo que os demais períodos foram influenciados, principalmente, pela cobertura de nuvens. O fluxo de calor no solo apresentou valores maiores no período seco, indicando assim um maior aquecimento do solo.

AGRADECIMENTOS: Ao Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – Programa LBA pela oportunidade de estudo e à Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS:

AGUIAR, Renata Gonçalves; RANDOW, Celso Von; PRIANTE FILHO, Nicolau; MANZI, Antonio Ocimar; AGUIAR, Leonardo José Gonçalves; CARDOSO, Fernando Luis. Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 248-257, 2006.

CORREIA, Francis Wagner Silva; ALVALA, Regina Célia dos Santos; MANZI, Antonio Ocimar. Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA), **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, 154, 2006.

FOKEN, Tomas. The Energy Balance Closure Problem: An Overview. **Ecological Applications**, 18(6), 2008, pp. 1351–1367.

FOLEY, Jonathan A.; COSTA, Marcos H.; DELIRE, Christine; RAMANKUTTY, Navin; SNYDER, Peter. Green surprise: How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1, n. 1, p. 38-44, 2003.

RODRIGUES, Abes Martins; PITA, Gabriel Paulo Alcantara. Fluxos de Massa e Energia na Camada Limite Atmosférica em Montado de Sobreiro. **Silva Lusitana** v.11, p.31-60, 2003.

VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L. et al. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-22, 2004.

WEBLER, Alberto Dresch; AGUIAR, Renata Gonçalves; AGUIAR, Leonardo José G. Características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem no Estado de Rondônia. **Revista Ciência e Natura**, v. Esp, p. 55-58, 2007.