

TROCAS DE ENERGIA ENTRE SUPERFÍCIE E ATMOSFERA DURANTE A ESTAÇÃO SECA NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Maria Betânia L. de Oliveira¹, Alexandre Santos¹, Antonio Ocimar Manzi¹, Magna Soelma Bezerra²

ABSTRACT - Seasonal variations in carbon dioxide, water vapour and energy fluxes were studied using the eddy covariance technique in native area of caatinga, in the northeast region of Brazil. Measurements cover the dry season during July to December of 2004. The data revealed that modifications in the conditions of soil humidity are a decisive factor for the changes of heat, vapor and CO₂ from the surface to the atmosphere. In the beginning of the dry season, when the soil presented humidity due to the previous rainy season, 65% of disponible energy (Rn) were used to heat up the air (H) and 15% of Rn for evapotranspiration (LE). In the end of the dry season, those rates were, respectively, 77 and 7%. With relation to the CO₂ flux, the ecosystem acts as sink of CO₂ in the beginning of the dry season and as source of CO₂ in the end of the dry season, when the stoma closes as function of the water deficit and the photosynthesis rate becomes like this null.

INTRODUÇÃO

A caatinga recobre a região semi-árida do Nordeste do Brasil, com aproximadamente 800.000 Km² de extensão territorial. Essa formação vegetal apresenta características bem definidas, com árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação seca (caducifólias) para reduzir a transpiração e a perda de água da planta, tornando a florescer no período chuvoso.

A região semi-árida região é caracterizada por apresentar uma forte irregularidade climática o que faz com que o seu quadro climático atinja valores meteorológicos mais extremos do país: a mais forte insolação e a mais baixa nebulosidade; as mais altas médias térmicas e as mais elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, os mais baixos índices pluviométricos em torno de 500 a 700 mm anuais, com grande variabilidade espacial e temporal.

Assim, a variabilidade na distribuição de água na região nordeste do Brasil em decorrência da atuação de diferentes sistemas sinóticos, determina a distribuição de água no solo, o qual é um fator determinante para as trocas de energia e de CO₂ entre o ecossistema e a atmosfera. Dessa forma, a obtenção de dados a partir de experimentos possibilita estudar o comportamento das mais diversas variáveis que governam o clima da região, além de determinar de que forma as características da região influenciam as trocas turbulentas. O principal objetivo desse estudo é avaliar as trocas turbulentas de energia entre a superfície e a atmosfera acima da Caatinga, e verificar a influência de alguns parâmetros meteorológicos nessas trocas.

MATERIAL E MÉTODOS

O sítio experimental localiza-se na Embrapa Semi-Árido (CPATSA) (9° 03'30,6"S; 40° 19'45,1"W; 350m), município de Petrolina, no estado de

Pernambuco. Essa é uma área de 600 ha de vegetação de caatinga nativa, na qual predominam uma vegetação de caráter espinhento e folhas pequenas com árvores de aproximadamente 4,5 metros de altura, pertencentes à família Leguminosae (*Mimosa tenuiflora*), sendo verificado também a presença de árvores, à distância, com alturas de até 8 metros.

Desde junho de 2003 uma torre com 9 metros de altura foi equipada com diversos sensores para medidas de vento, umidade e temperatura do ar, chuva, pressão atmosférica, conjunto de instrumentos para medidas de radiação de onda curta, onda longa, fotossinteticamente ativa e saldo de radiação. Perfiladores de temperatura no solo medindo nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 50 cm, de umidade do solo nas profundidades 10, 20, 30, 40 e 60 cm, também encontram-se instalados. Também no solo existe uma placa de fluxo para medida do fluxo de calor no solo a uma profundidade de 5 cm.

Para determinação dos fluxos de energia, vapor e CO₂, medidas de alta frequência das componentes do vento, temperatura do ar e concentrações de vapor d água e de CO₂ foram realizadas com o sistema de covariância dos vórtices turbulentos, o qual é composto por um analisador de CO₂ e H₂O (LI7500 – Licor) e um anemômetro sônico tridimensional (CSAT3 – Campbell), os quais foram instalados pouco acima do topo da torre (11 metros).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nos dados de precipitação na área de estudo, uma marcante e prolongada estação seca na região, com os eventos de chuva se concentrando nos meses de janeiro a março de 2004 (Figura 1). A partir de abril apenas eventos isolados e de pequena intensidade podem ser observados, com a permanência até 3 meses sem precipitação. Com isso, promove uma alteração das condições de umidade do solo e, conseqüentemente, modificação nas trocas de energia entre a superfície e atmosfera.

A verificação do fechamento do balanço de energia indica o nível de concordância entre as medidas do saldo de radiação e dos fluxos de calor latente, sensível e no solo, as quais são realizadas por diferentes métodos (Aubinet et al., 2001). No período estudado (julho a dezembro de 2004) obteve-se que a soma dos fluxos de calor latente, calor sensível e de calor no solo (H+LE+G) representou, em geral, 85% do saldo de radiação com coeficiente de determinação de 0.97 (não mostrado). Esse valor concorda com resultados obtidos em diversos estudos em áreas de Floresta Amazônica (Araújo et al., 2002; Rocha et al., 2004) e em regiões semi-áridas (Veenendaal et al., 2004).

¹ LBA/INPA. Av. André Araújo, 2936, Alojamento 09, Aleixo. Manaus, AM. Cep 69060-001, Fone: (0xx92) 643 3238. E-mail: betania@inpa.gov.br ; axsantos@inpa.gov.br ; manzi@inpa.gov.br .

² CPATSA/EMBRAPA. BR 428, km 152, CP 23, Zona Rural. Petrolina, PE. Cep 56302-970, Fone: (0xx87) 3862 1711. E-mail: magna@cpatsa.embrapa.br.

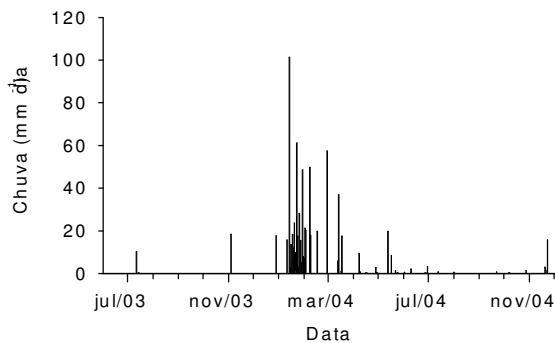


Figura 1. Totais diários de precipitação na área de estudo no período de junho de 2003 a dezembro de 2004.

A variação sazonal dos componentes do balanço de energia (Rn, G, H e LE) indica que o fluxo de calor sensível domina na partição de energia disponível, com médias diárias variando de cerca de 77 W m^{-2} até 113 W m^{-2} à medida que se estabelece a estação seca na região (Figura 2a). No caso do fluxo de calor latente, os valores inicialmente são da ordem de 16 W m^{-2} e há uma diminuição ao longo dos meses com os valores médios diários chegando próximo de zero. No final de novembro de 2004, a ocorrência de chuvas entre os dias 20 e 23, que soma um total de 20 mm, aumenta a umidade do solo e como consequência parte do saldo de radiação é utilizada para evaporação da água contida no solo e assim têm-se aumento de LE e diminuição de H.

Como pode ser visto, diferentes condições de umidade do solo em decorrência da precipitação ocasionam alteração das componentes do balanço de energia. Devido a isso, foram selecionados dois períodos distintos de dados: um imediatamente após o período chuvoso (1 de julho a 15 de setembro de 2004), que corresponde ao início da estação seca, e outro que representa o final da estação seca (16 de setembro a 8 de dezembro de 2004). No início da estação seca o fluxo de calor sensível representa, em média, 65% de Rn enquanto que a fração de Rn utilizada para o processo de evapotranspiração é de apenas 15%. Já no final da estação seca, cerca de 77% de Rn é utilizado para aquecer o ar, com LE representando apenas 7% de Rn. Observa-se que a taxa de evapotranspiração da vegetação é bem baixa nos dois períodos em função da disponibilidade de água na região e à medida que o solo vai ficando mais seco, esse processo de troca de energia torna-se nulo.

Em termos de fluxo médio diário de CO_2 (Figura 2b) têm-se que de julho até início de agosto, o fluxo de CO_2 médio diário foi da ordem de $-0.5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ o que indica que a taxa de absorção de CO_2 pela vegetação (fotossíntese) supera a liberação de CO_2 (respiração de plantas + solo), porém com taxas muito baixas. No final da estação seca, a taxa de liberação de CO_2 torna-se nula em decorrência do fechamento dos estômatos e perda das folhas devido ao déficit hídrico. Contudo, o ecossistema atua exclusivamente como fonte de CO_2 , com a taxa de respiração se mostrando elevada no final de novembro em função da liberação do CO_2 retido no solo bem como pela atividade microbiana, após eventos de precipitação.

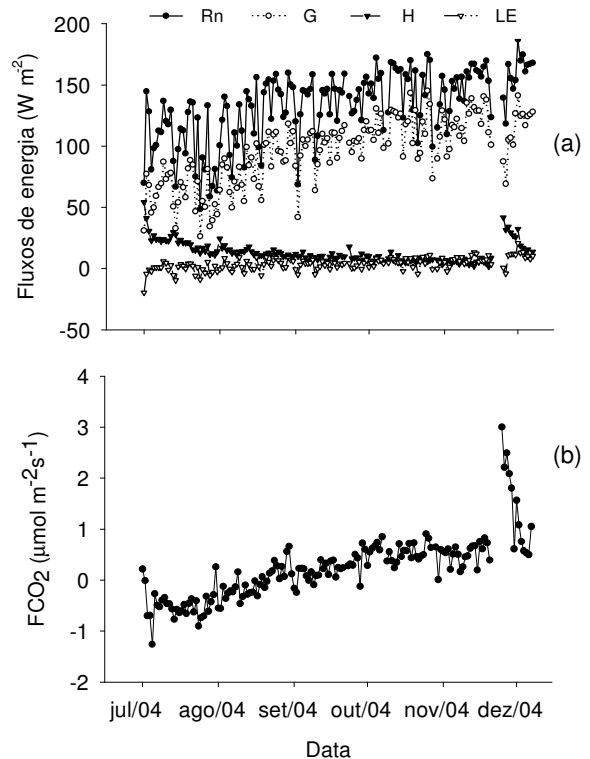


Figura 2. Variação sazonal dos valores médios diários: (a) dos componentes do balanço de energia (Rn, G, H e LE); (b) da taxa de CO_2 , no período de 01 julho a 08 de dezembro de 2004.

REFERÊNCIAS

- Araújo, A.C., Nobre, A.D., Kruijt, B., Elbers, J.A., Dallarosa, R., Stefani, P., Randow, C., Manzi, A.O., Culf, A.D., Gash, J.H.C., Valentini, R., Kabat, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research*, v.107, 2002.
- Aubinet, M., Grelle, A., Ibrom, A., Rannik, U., Moncrieff, J., Foken, T., Kowalski, A.S., Martin, P.H., Berbigier, P., Bernhofer, Ch., Clement, R., Elbers, J., Granier, A., Grundwald, T., Morgenstern, K., Pilegaard, K., Rebmann, C., Snijders, W., Valentini, R., Vesala, T. Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology. *Advances in Ecological Research*, v. 30, p. 113-175, 2000.
- Rocha, H.R, Goulden, M.L., Miller, S.D., Menton, M.C., Pinto, L.D.V.O., Freitas, H.C., Figueira, A.M.S. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. *Ecological Application*, 14: S22-S32, 2004.
- Veenendaal, E.M., Kolle, O., Lloyd, J. Seasonal variation in energy fluxes and carbon dioxide exchange for a broad-leaved semi-arid savanna (Mopane woodland) in Southern Africa. *Global Change Biology*, 10: 318-328, 2004.