

# Variação sazonal do fluxo de calor do solo em floresta ombrófila (Mata Atlântica) em Alagoas

RAYONIL G. CARNEIRO<sup>1</sup>; MARCOS A. L. MOURA<sup>2</sup>; RUANY G. X. MAIA<sup>1</sup>; JOSÉ E. A. FILHO<sup>1</sup>; ANTONIO M. D. DE ANDRADE<sup>3</sup>; AURILENE B. SANTOS; EDWANS S. CORDEIRO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduando, Instituto de Ciências Atmosféricas - ICAT /Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Fone: (0 xx 82) 9327 9044, [purple.vycom@hotmail.com](mailto:purple.vycom@hotmail.com)

<sup>2</sup>Prof. Dr. ICAT/UFAL

<sup>3</sup>Mestrando em Meteorologia, ICAT/UFAL

<sup>4</sup>Graduada em Meteorologia, ICAT/UFAL

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

**Resumo:** Estudo realizado com dados coletados no período entre maio/2009 e abril/2010 em um fragmento de Mata Atlântica (10°00'37"S; 36°17'60"W; 160m) no município de Coruripe, AL, no intuito de conhecer as características sazonais do fluxo de calor do solo (G). Foi erguida uma torre de 24 m com diversos sensores instalados (radiação solar global, difusa e refletida, temperatura e umidade do ar, vento, etc) e, a uma distância de 2,5m ao sul da base (para evitar sombreamento extra pela torre), foram medidos G com uma bateria de três fluxímetros do modelo HFT3 (Campbell Scientific Inc, EUA), instalados a 10cm de profundidade. Foi constatada uma amplitude média diária reduzida (1,4 W.m<sup>-2</sup> no período seco e 1,9 W.m<sup>-2</sup> no chuvoso) e pouca diferença de G entre os períodos seco e chuvoso devido a densa cobertura das árvores, acrescentada a presença de uma camada de serrapilheira, diminuindo assim a troca de calor entre o solo e o meio externo.

**Palavras-chave:** balanço de energia, micrometeorologia, evapotranspiração

**Abstract:** Study based on data collected during the period between may/2009 and april/2010 inside a fragment of Atlantic Forest (10°00'37"S; 36°17'60"W; 160m) in the city of Coruripe, AL, in order to understand the seasonal characteristics of the soil heat flux. It was built a tower of 26m with various sensors (global, diffuse and reflected radiation, temperature and air umidity, wind, etc.), and at a distance of 2,5m south from the base (to avoid extra shading by the tower), the values of G were collected continuously with a battery with three HFT3 fluximeters (Campbell Scientific Inc, EUA) installed at 10cm depth. Low daily amplitude average (1,4 W.m<sup>-2</sup> on dry season and 1,9 W.m<sup>-2</sup> on wet season) and little difference between dry and wet seasons due to the dense cover of trees and the layer of litter, which reduces the heat exchange between the soil and the external environment.

**Key Words:** energy balance, micrometeorology, evapotranspiration

## 1. Introdução

A Mata Atlântica é um dos maiores ecossistemas do planeta, tendo a segunda maior biodiversidade do Brasil, perdendo neste quesito apenas para a Floresta Amazônica. Ela já representou cerca de 15% do território brasileiro (1.315.460 km<sup>2</sup>), mas tem hoje sua imensidão ameaçada, restando apenas 7,3% de área original remanescente (95.000 km<sup>2</sup>). Em Alagoas, segundo o Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica do SOS Mata Atlântica/INPE (2009), estima-se que nos primórdios da nossa colonização a área com cobertura vegetal típica de Mata Atlântica atingisse algo em torno de 53 % do território, cerca de 1.495.461 hectares, abrangendo total ou parcialmente áreas de 61 municípios. Atualmente, esse número pode não passar de 10,37% ou 155.074 hectares, representado por poucas áreas

remanescentes expressivas e de fragmentos florestais isolados, alguns em avançado estágio de degradação (MENEZES *et al.*, 2004).

As florestas tropicais são de extrema importância climática tanto na escala local, como na escala global. O estudo meteorológico dessas áreas é de plena importância na caracterização do microclima da floresta e sua influência na região, como também de grande ajuda na conservação e recuperação destes ambientes. São raros os estudos microclimáticos feitos na Mata Atlântica, incluindo as pesquisas que visam estudar a interação solo-vegetação-atmosfera na restauração de áreas degradadas.

O objetivo principal deste trabalho é a caracterização sazonal do fluxo de calor no solo de uma floresta de mata atlântica, visando uma melhor compreensão da complexa interação solo-vegetação-atmosfera, que precisa ser bem entendida para aperfeiçoar os estudos micrometeorológicos de ecossistemas ameaçados de extinção.

## 2. Material e métodos

A presente pesquisa está sendo desenvolvida em um fragmento de Mata Atlântica localizado na fazenda Capiatã A, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I – pertencente à usina Coruripe Açúcar e Álcool S/A, no município de Coruripe, Alagoas, a qual, segundo Sants e Frizzone (2006), forma uma *Floresta Ombrófila Aberta* com transição para *Floresta Estacional Semidecidual* subsistindo em fragmentos florestais nos tabuleiros, encostas de grande declividade e poucas áreas de várzea.

Os dados utilizados são referentes ao período entre maio/2009 à abril/2010 obtidos através de uma torre micrometeorológica com altura de 24 m (10°00'37"S; 36°17'60"W; alt.160m), instalada dentro da floresta. Nela foram instalados diversos sensores para monitorar diferentes variáveis (radiação solar global, difusa e refletida, temperatura e umidade do ar, vento, etc). Para evitar possíveis efeitos devido ao sombreamento da torre sobre as medidas de fluxo de calor do solo, os sensores foram posicionados, em relação à torre, a uma distância de 2,5m. Durante todo o período experimental foram coletados permanentemente dados do fluxo de calor do solo. Para isso, foi utilizada uma bateria com três fluxímetros do modelo HFT3 (Campbell Scientific Inc., EUA), os quais foram instalados a 10 cm de profundidade. A bateria é utilizada com objetivo de minimizar as irregularidades do solo.

As medidas dos dados foram realizadas a cada 20 segundos e suas médias armazenadas a cada 10 minutos em módulos de memória, as quais eram descarregadas quinzenalmente em microcomputadores, no local ou no Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, os quais foram tratados e analisados.

## 3. Resultados e Discussão

O Fluxo de Calor no Solo (G) é um dos componentes de balanço de energia terrestre, sendo de ampla importância em estudos ligados ao clima, como por exemplo, na estimativa da evapotranspiração (ZHANG *et al.*, 1996). Está ligado ao aquecimento do solo, sendo função da temperatura em diferentes níveis e da condutividade térmica do solo, influenciada diretamente pela variação da primeira (GALVANI *et al.*, 2001), apresentando um ciclo diário, sazonal e anual. Geralmente resulta em acréscimo de energia para a atmosfera à noite, quando a superfície do solo se esfria devido à transferência de calor para a atmosfera (fluxo negativo), por irradiação térmica (emissão de radiação terrestre). Já durante o dia, a superfície se aquece por condução, e o fluxo volta-se para o interior (positivo). Quer durante o dia, quer a noite, ocorrem trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera, tanto por condução quanto por irradiação (SILVA *et al.*, 2007).

Os fluxos de calor no solo observados permitiram caracterizar seu ciclo anual na área estudada e, conseqüentemente, seu range sazonal. Na figura 1 é possível observar a diferença entre os meses do período seco (dez-jan-fev) e chuvoso (mai-jun-jul), embora os valores

máximos médios se apresentem sempre entre 13 e 15 horas, enquanto os mínimos entre 4 e 7 horas, independentemente da época.

Analisando separadamente meses do período seco e chuvoso (figuras 2 e 3, respectivamente), pode-se notar a influência da quantidade de precipitação e radiação solar que atinge o chão da floresta. Especificamente, no mês correspondente a época seca (dezembro), nota-se um ciclo diário de G bem definido, cujos valores máximos alcançam até  $4,1 \text{ W.m}^{-2}$  entre 13 e 14 horas, enquanto os mínimos atingem  $-4,0 \text{ W.m}^{-2}$ , entre 4 e 6 horas, com média diurna em torno de  $1,0 \text{ W.m}^{-2}$  e noturna de  $-0,4 \text{ W.m}^{-2}$ . A ocorrência de precipitação em alguns momentos (dia 23 e 26) provocou uma leve diminuição de G, sendo este positivo entre 9 e 18 horas.

No período chuvoso (13/maio -12/junho) analisado, percebe-se uma certa influência da precipitação na caracterização do ciclo de G. Foi registrado um total de precipitação de 570 mm, tendo o período chuvoso altos índices de chuva. No entanto, não foram observadas grandes diferenças em relação ao período seco quanto aos máximos e mínimos de G. O máximo valor médio registrado foi de  $4,8 \text{ W.m}^{-2}$ , e o mínimo de  $-8,3 \text{ W.m}^{-2}$ . Os valores médios diurno e noturno encontrados foram  $-0,4$  e  $-2,3 \text{ W.m}^{-2}$ , respectivamente. Os menores valores encontrados se devem a maior quantidade de precipitação da época e, conseqüentemente, a uma menor quantidade de radiação solar que chega tanto ao dossel, quanto à superfície. Ambos influem diretamente na umidade do solo. Segundo Alvalá *et al.* (2004), a adição de água (umidade) aumenta a condutividade do solo, pois o revestimento de suas partículas aumenta o contato térmico entre os grãos. Um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2006) comparando a temperatura do solo em áreas com vegetação de grande porte (floresta e manguezal) e de pastagem, constatou menores amplitudes nas áreas com maior vegetação. Conseqüentemente espera-se uma menor amplitude de G em áreas densamente vegetadas, como a estudada neste trabalho.

Além da densa cobertura das árvores, existe uma camada de serrapilheira sobre o solo, diminuindo ainda mais o contato do mesmo com meio externo e, conseqüentemente, a troca de calor com o ambiente. A serrapilheira é um grande reservatório de matéria orgânica que influencia e regula uma boa parte dos processos funcionais que ocorrem em um ecossistema. Ela compreende o material precipitado no solo pela biota, sendo composta por folhas, caules, frutos, sementes, raízes, arbustos, gramíneas e outras plantas nativas, além de resíduos animais (CAMPOS *et al.*, 2008). A quantidade de material depositado ao longo de um ano em um determinado ecossistema está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões quentes e úmidas (BRAY & GORHAN, 1974), ou seja, a área estudada neste trabalho tende a acumular consideráveis quantidades de serrapilheira devido ao seu clima quente e úmido.

A serrapilheira quando acumulada sobre o solo contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das gotas de chuva, minimizando assim seus efeitos erosivos (ABREU, 2006). É também um compartimento de armazenamento de água, que apesar de pouca capacidade em termos quantitativos, funciona como um isolante térmico, contribuindo para a redução da evaporação e manutenção de um microclima estável na superfície do solo (KINDEL *et al.*, 2001; FIGUEIRÓ, 2005). Devido a essa cobertura, a amplitude diária média observada entre os valores de G nos períodos seco e chuvoso não apresentou grande diferença ( $1,9 \text{ W.m}^{-2}$  no período chuvoso e  $1,4 \text{ W.m}^{-2}$  no período seco). Áreas como esta apresentam um fluxo de calor do solo menor que uma área de solo exposto. Segundo Silva *et al.* (2007), isso é um claro resultado da atenuação da radiação solar incidente através das camadas mais elevadas do dossel, na qual a quantidade de radiação que chega a superfície é consideravelmente inferior àquela incidente no topo do dossel vegetativo. Portanto, o aquecimento superficial é menos elevado, já que a incidência de radiação solar no solo é bastante reduzida pelo dossel, somado ao efeito isolante da serrapilheira.

#### 4. Conclusões

A densa cobertura de vegetação da mata atlântica e a presença da serrapilheira diminuem consideravelmente a magnitude do Fluxo de calor do solo, influenciando, assim, a amplitude média diária que é reduzida e difere em apenas  $0,5 \text{ W.m}^{-2}$  entre os períodos seco e chuvoso. A maior quantidade de precipitação ocorrente no período chuvoso influenciou razoavelmente o ciclo diário de G. Foi constatada pouca diferença entre as épocas analisadas quanto aos valores máximos ( $4,8 \text{ W.m}^{-2}$  no período chuvoso e  $4,1 \text{ W.m}^{-2}$  no seco) e mínimos encontrados ( $-8,3 \text{ W.m}^{-2}$  na época chuvosa e  $-4,0 \text{ W.m}^{-2}$  na seca), tendo o período chuvoso uma maior amplitude entre máximos e mínimos.

#### 5. Referências Bibliográficas

ABREU, J. R. S. P. de **Dinâmica da serrapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Florestas, UFRRJ.

ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R.; ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; LOPES, J. M.; MANZI, A. O.; RANDOW, C. Von; DIAS, M. A. F. S. ; CABRAL, O. M. R.; WATERLOO, M. J. Intradaily and seasonal variability of soil temperature, heat flux, soil moisture content, and thermal properties under forest and pasture in Rondônia. **Journal of Geophysical Research - Atmospheres**, v. 107, n.D20, p. 10-1-10-20, 2002.

BRAY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in the forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p.101-157, 1964.

CAMPOS, E. H.; ALVES, R. R.; SERATO, D. S.; RODRIGUES, G.S. de S.; RODRIGOS, S. C. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata *mesofítica* e cerrado *stricto sensu* em Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 189-203, 2008.

CARVALHO, S. P.; SOUZA, J. R. S.; COHEN, J. C. P.; ALVALÁ, R. C. S.; GANDU, A. W. Regime térmico em solos sob ecossistemas naturais e área agrícola no Leste da Amazônia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 14, 2006, Florianópolis – SC. **Anais...** 1 CD-ROM.

FIGUEIRÓ, A.S. **Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeitos de borda no Maciço da Tijuca – Rio de Janeiro, RJ**. Rio de Janeiro, 2005. 400 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ.

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B.. Balanço de radiação e fluxo calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia** (São Paulo), v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.

SOS Mata Atlântica; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2005-2008, Relatório Parcial. São Paulo, 2009. 156 p.

KINDEL, A.; BARBOSA, P. M. S.; PÉREZ, D. V.; GARAY, I. Efeito do extrativismo seletivo de espécies arbóreas da Floresta Atlântica de Tabuleiros na matéria orgânica e outros atributos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n. 2, p. 465-474, 1999.

MENEZES, A. F.; CALVACANTE, A. T.; AUTO, P. C. C. **Caderno da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Série: Estados e Regiões da RBMA (Reserva da Biosfera da Mata Atlântica no Estado de Alagoas)**, São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, n.29, 2004. 56 p.

SANTOS, M. A. L. dos; FRIZZONE, J. A. Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) colhida no mês de janeiro: Um modelo de análise de decisão para o litoral sul do Estado de Alagoas. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 339-355, 2006.

SILVA, A. R.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S.; FILHO, M. F. N. Variação sazonal do fluxo de calor no solo em um manguezal. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, 2007, Aracaju - SE. **Anais...** 1 CD-ROM.

ZHANG, H.; HENDERSON-SELLERS, A. Impacts of Tropical Deforestation. Part I: Process Analysis of Local Climatic Change. **Journal of Climate**, v. 9, p. 1497-1517, 1996.

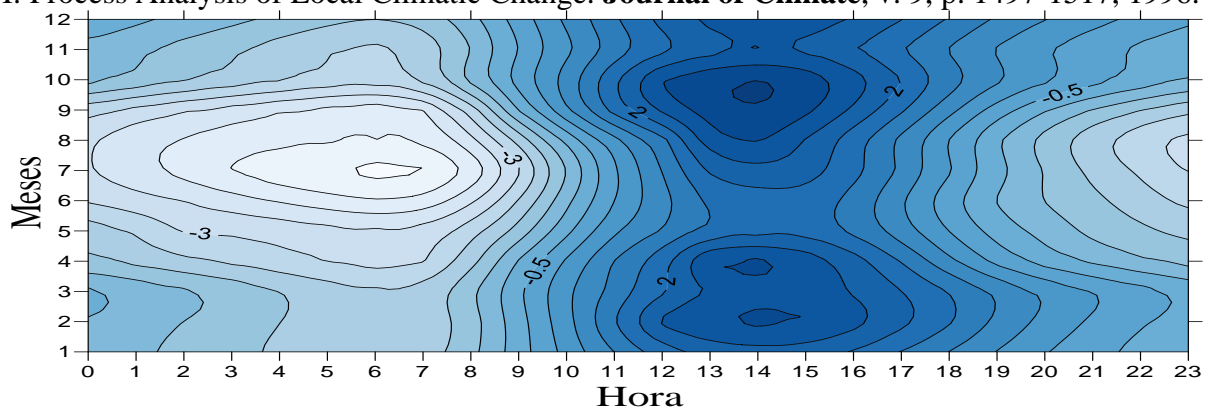


Figura 1 – Variação média horária mensal do Fluxo de Calor do Solo ( $W.m^{-2}$ ) da Mata Atlântica durante o período experimental

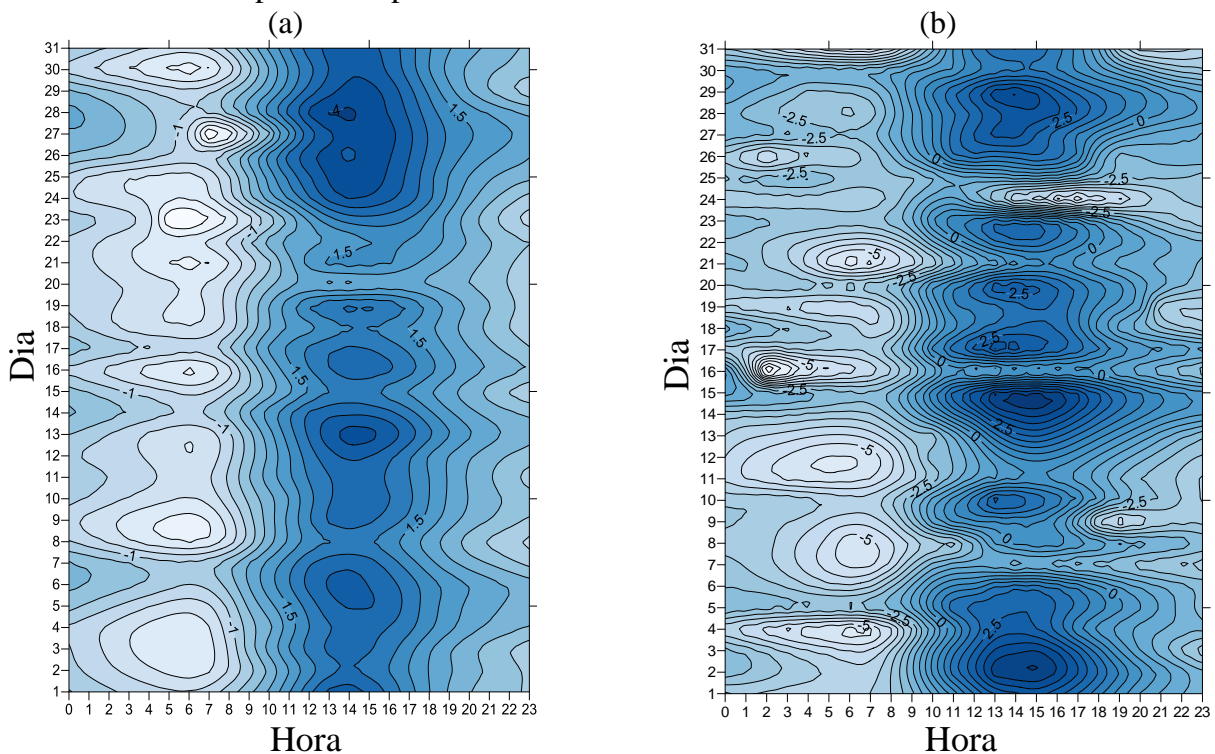


Figura 2 - Variação horária do Fluxo de Calor no Solo ( $W.m^{-2}$ ) nos meses correspondentes a (a) época seca (dezembro) e (b) época chuvosa (maio-junho)