

# INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO NOS FLUXOS DE CALOR LATENTE E SENSÍVEL NO NORDESTE DO BRASIL

MADSON T. SILVA<sup>1</sup>, VICENTE DE P. R. DA SILVA<sup>2</sup>,  
JOÃO H. B. DA C. CAMPOS<sup>3</sup>, JOSÉ A. B. DO AMARAL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Meteorologista, Mestrando em Meteorologia, Depto. de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (0 xx 83) 33101031 Ramal: 35, madson\_tavares@hotmail.com. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup>Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande - PB.

<sup>3</sup>Meteorologista, Doutorando em Recursos Naturais, Depto. de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande - PB.

<sup>4</sup>Eng. Agr. Dr. Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical - CNPAT, Fortaleza - CE.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarell Minas Hotel, Eventos e Convenções,  
Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** O estudo dos efeitos da mudança na quantidade de umidade no solo com os fluxos de calor latente e sensível no Nordeste do Brasil (18°S-01°N; 49°W-28°W) foram realizados com base em dois experimentos numéricos com o modelo atmosférico BRAMS. Foram utilizadas as simulações de dois cenários: Simulação 1 – condições de solo seco (umidade de até 10%) e Simulação 2 – condições de solo úmido (umidade de até 90%). As simulações realizadas com modelo BRAMS para a área de estudo permitiram identificar satisfatoriamente a influência da umidade do solo na interação com os fluxos de calor latente e sensível na atmosfera. Os fluxos de calor latente e sensível apresentaram seus picos de máximos sempre entre 12:00 e 15:00 UTC.

**PALAVRAS-CHAVE:** Parametrização de cúmulos, modelagem numérica, BRAMS.

**INTRODUÇÃO:** Alguns estudos evidenciam que a umidade do solo, juntamente com a evapotranspiração, influenciam o fluxo de calor entre a superfície e a atmosfera adjacente, podendo assim criar ou inibir a formação de circulações de mesoescala e circulações locais. Outros estudos sugerem que a umidade do solo tem destaque na determinação da estrutura da camada limite e do potencial convectivo, inclusive quando comparado aos efeitos do albedo, textura e uso do solo (MCCUMBER e PIELKE, 1981; ZHANG e ANTHES, 1982; SEGAL et al., 1995). Esta dependência significativa entre superfície e atmosfera decorre do fato de que, na ausência de forçantes de grande escala, a circulação de mesoescala é produzida por aquecimento diferencial induzido por características de superfície heterogêneas (PIELKE e SEGAL, 1986). Também foi observado que a velocidade de propagação da frente de brisa também é dependente da umidade do solo, que no caso de um solo mais úmido, é maior que no caso de solo mais seco. SARAIVA (1996) relacionou a maior penetração da brisa no continente à disponibilidade de água na superfície, ou seja, maior umidade do solo, mostrando em suas simulações que um solo mais seco favorece maior extensão horizontal da brisa, devido, principalmente, à intensificação do efeito advectivo criado pelos maiores contrastes de temperatura. O modelo BRAMS é um modelo atmosférico computacional com capacidade de simular a atmosfera em várias escalas de espaço, com alternativas de parametrizações físicas às diversas escalas, ativadas de acordo com a finalidade do estudo. O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da mudança na quantidade de umidade no solo nos fluxos de calor latente e sensível no Nordeste do Brasil com base em dois experimentos numéricos com o modelo atmosférico BRAMS, utilizando-se simulações para condições de solo seco (umidade de até 10%) e condições de solo úmido (umidade de até 90%).

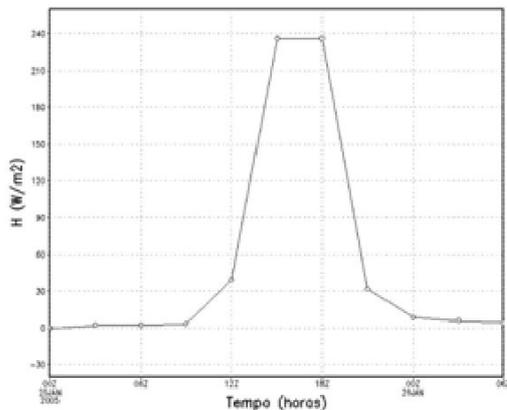
**MATERIAIS E MÉTODOS:** Neste estudo foram realizadas simulações com o modelo BRAMS para investigar os efeitos da mudança na quantidade de umidade no solo com os fluxos de calor latente e sensível no Nordeste do Brasil. Esse modelo vem a ser uma versão já bem documentado modelo RAMS (PIELKE et al., 1992; COTTON et al., 2003), com algumas alterações. Este último é um modelo regional, usualmente aplicado para estudos de mesoescala com finalidades diversas, desde processos atmosféricos e de superfície de curto prazo (PIELKE et al., 1992) até, mais recentemente, simulações climáticas (LISTON e PIELKE, 2001, LU et al., (2001). Utilizou-se como condições iniciais e de contorno, informações do modelo atmosférico global do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). As informações de umidade do solo foram obtidas no laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais da Universidade de São Paulo (MASTER/USP). Já os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foram obtidos do National Centers for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP/NOAA). Na Tabela 1 tem-se as características da grade utilizada nas simulações, onde constam 35 pontos na direção zonal e 34 pontos na direção meridional, sendo o espaçamento entre os pontos de 112 Km, cobrindo grande parte do Brasil. Na vertical, foi definida uma camada, que possui espessura de 57,3 m. Cada uma das simulações teve duração de trinta horas, com início no dia 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC e término às 06:00 UTC do dia 26. A representação adequada do conteúdo de umidade do solo inicial foi obtida em nove níveis, que é de extrema importância para que o ciclo hidrológico seja corretamente simulado (DOUVILLE e CHAUVIN 2000; CHEN e DUDHIA 2001). Por isso, optou-se por fornecer, no instante inicial, um campo de umidade do solo espacialmente homogêneo. Foram simulamos dois cenários: Simulação 1 – condições de solo seco (umidade de até 10%) e Simulação 2 – condições de solo úmido (umidade de até 90%).

**Tabela 1.** Configuração do modelo.

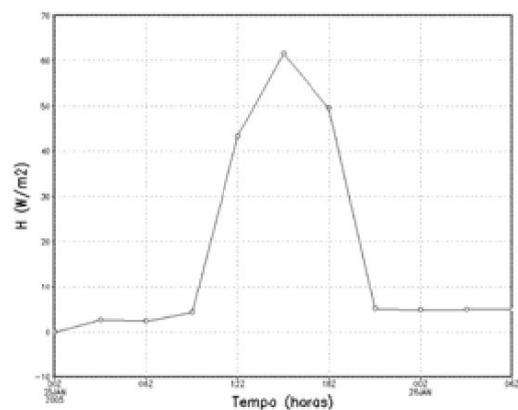
Característica da Grade	
Instante inicial	25/Jan/2005 as 00:00 UTC
Instante final	26/Jan/2005 as 06:00 UTC
Tempo de simulação	30 horas
Níveis de solo	-2.0, -1.75, -1.5, -1.25, -1.0, -0.75, -0.5, -0.25, -0.05
Resolução horizontal ( $\Delta x$ , $\Delta y$ )	112 km, 112 km
Centro da grade	9° 00' S, 45° 00' W
Resolução vertical do 1° nível	57,3 m

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** De acordo com as Figuras 1 e 2, observa-se para localidade de Campina Grande, PB, que a variação do fluxo de calor sensível (H) em condições de solo seco (Figura 1) apresenta valores bem maiores quando comparado com a variação para as condições de solo úmido (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo fato que em condições de pouca umidade no solo boa parte da energia que chega à superfície é usada para aquecer o ambiente, já para o caso de solo úmido, a maior parte da energia que chega é usada nos processos de evaporação/evapotranspiração. Verifica-se, também, que no ciclo 30 horas da variação de fluxo de calor sensível (H), tem-se um pico em torno das 15 horas para ambas condições de umidade no solo, porém para o solo seco a duração do período de máximo é maior. Nas Figuras 3 e 4 encontra-se a espacialização de fluxo de calor sensível para o Nordeste do Brasil (NEB) em condições de solo seco e úmido. Observa-se que em condições de solo seco os valores de H ficaram em torno de -50 e 10 ( $Wm^{-2}$ ); por outro lado, sobre o continente esses valores variaram entre 0 e -10 ( $Wm^{-2}$ ). A zona que contorna toda a faixa litorânea do NEB se apresenta com valores altos de H, possivelmente explicado pela

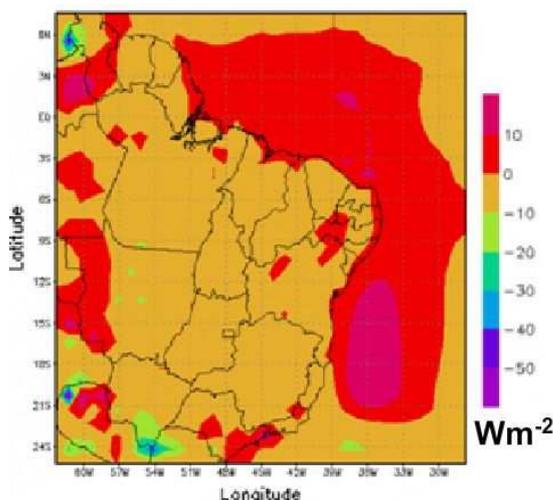
presença da superfície de água, onde a taxa de evaporação supera as oscilações do fluxo de calor sensível. Já em condições de solo úmido observa-se que a zona que contorna toda essa faixa litorânea ainda persiste, porém sobre o continente apresentam-se áreas com valores superiores àquele da condição de solo seco, com valores entre 0 e 10  $Wm^{-2}$ .



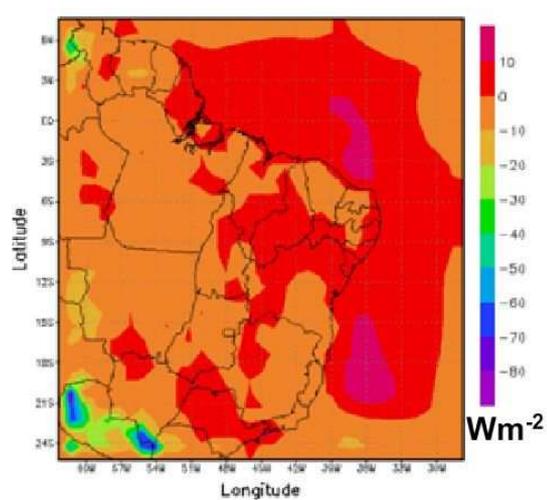
**Figura 1.** Fluxo de calor sensível (H) em condições de solo seco para localidade de Campina Grande – PB, no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.



**Figura 2.** Fluxo de calor sensível (H) em condições de solo úmido para localidade de Campina Grande – PB, no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.



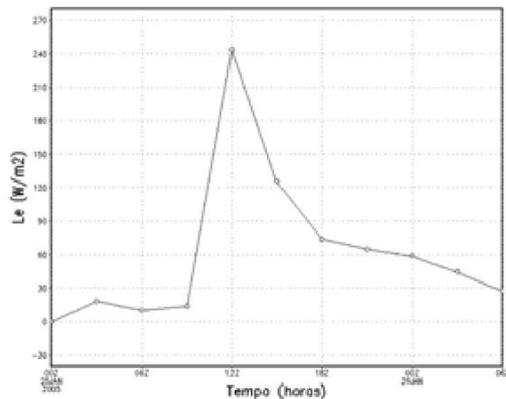
**Figura 3.** Fluxo de calor sensível (H) em condições de solo seco no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.



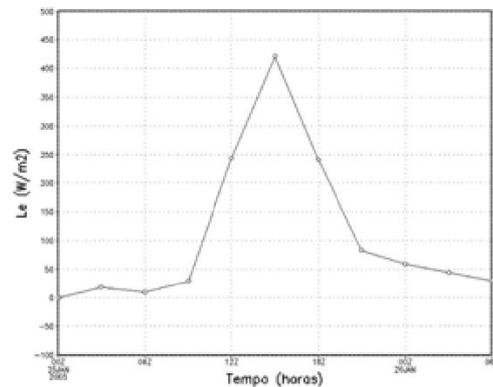
**Figura 4.** Fluxo de calor sensível (H) em condições de solo úmido no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.

Com relação ao fluxo de calor latente (LE) (Figuras 5 e 6) para localidade de Campina Grande-PB, observa-se que no cenário de solo seco (Figura 5) os valores de LE são bem menores do que para o cenário de solo úmido (Figura 6). Isso pode ser explicada pelo fato que em condições de solo seco a oferta de água é bem inferior, fazendo com que haja pouca evaporação e/ou evapotranspiração da umidade do solo. Para condição de solo úmido, LE apresentou valores bem maiores do que no cenário seco, que é justificado pela contribuição da evaporação do solo e evapotranspiração das superfícies vegetadas. Esse resultado sugere a importância da umidade do solo na variabilidade de LE. No ciclo de trinta horas da variação de (LE), tem-se um pico em torno das 12 horas para condição de solo seco, já para condição de solo úmido esse pico encontra-se por volta das 15 horas, em face da oferta de água na condição úmida. Assim, o tempo necessário para evaporar e/ou evapotranspirar é bem maior

quando comparado à condição de solo seco, onde a oferta de água é restrita, fazendo com que o máximo de LE chegue bem mais rápido.

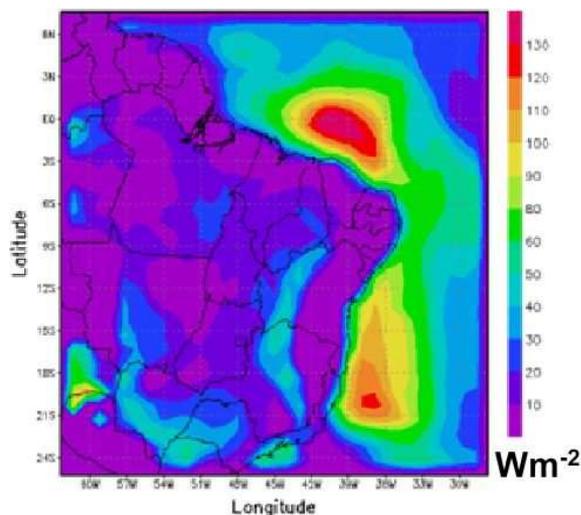


**Figura 5.** Fluxo de calor latente (LE) em condições de solo seco para localidade de Campina Grande – PB, no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.

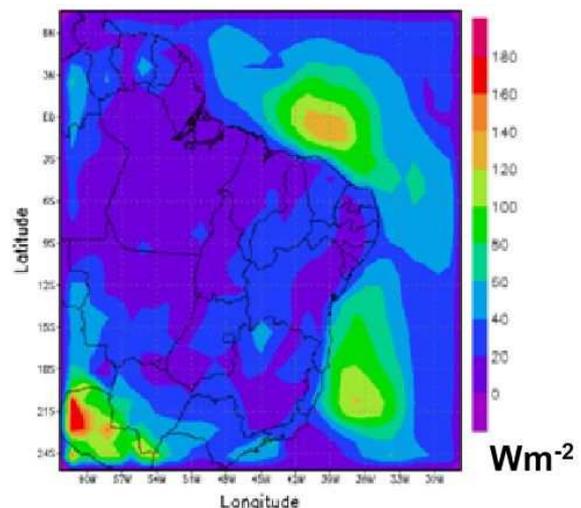


**Figura 6.** Fluxo de calor latente (LE) em condições de solo úmido para localidade de Campina Grande – PB, no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.

Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas as espacializações de fluxo de calor latente (LE) para o Nordeste do Brasil (NEB) em condições de solo seco e úmido, respectivamente. Observamos que em condições de solo seco (Figura 8), os valores de LE ficaram em torno de 10 e 130  $Wm^{-2}$ , sobre o continente ele variou entre 10 e 20  $Wm^{-2}$ . Também é observada uma extensa área que contorna toda a faixa litorânea com altos valores de LE, possivelmente explicada pela presença do oceano. Já em condições de solo úmido (Figura 8), observa-se que essa zona ainda persiste, porém com valores de LE bem maiores ( $\sim 40$  a 180  $Wm^{-2}$ ), sobre o continente apresentam-se áreas com valores entre 0 e 60  $Wm^{-2}$ , bastante superiores àqueles encontrados em condição de solo seco.



**Figura 7.** Fluxo de calor latente (LE) em condições de solo seco no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.



**Figura 8.** Fluxo de calor latente (LE) em condições de solo úmido no período de 25 de janeiro de 2005 às 00:00 UTC até às 06:00 UTC do dia 26.

**CONCLUSÕES:** As simulações realizadas com modelo BRAMS para a região Nordeste do Brasil permitiram identificar satisfatoriamente a influência da umidade do solo nos fluxos de calor latente e sensível. O conhecimento dessas variáveis é de grande importância para

estudos de meso e grande escala na região de estudo. Os fluxos de calor latente e sensível apresentaram seus picos de máximos sempre entre 12:00 e 15:00 UTC.

**AGRADECIMENTOS:** Ao CNPq, pela bolsa de Mestrado ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, F.; DUDHIA, J. Coupling an advanced land-surface-hydrology model with the Penn State-NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. **Mon. Weath. Rev.** 129, 569–585, 2001. 62

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A.; WALKO, R. L.; LISTON, G. E.; TREMBACK, C. J.; JIANG, H.; MCANELLY, R. L.; HARRINGTON, J. Y.; NICHOLLS, M. E.; CARRIO, C. G.; MCFADDEN, L. P. RAMS 2001: Current Status and future directions. **Meteorology Atmosphere Physics**, 82, 5-29, 2003.

DOUVILLE, H.; CHAUVIN, F. Relevance of soil moisture for seasonal climate predictions: a preliminary study. **Climate Dynamics**, 16, 719–736, 2000.

LISTON, G. E.; PIELKE, R. A. A climate version of the regional atmospheric modeling system. **Theor Appl Climatol**, 68, 155-173, 2001.

LU, L. X.; PIELKE, R. A.; LISTON, G. E.; PARTON, W. J.; OJIMA, D.; HARTMAN, M. Implementation of a two-way interactive atmospheric and ecological model and its application to the central United States. **Journal Climate**, 14, 900-919, 2001.

MCCUMBER, M. C.; PIELKE, R. A. Simulation of the effects of surface fluxes on heat and moisture in a mesoscale numerical model. Part I: Soil Layer. **J. Geophys. Res.**, v. 86, p. 9929-9938, 1981.

PIELKE, R.A.; COTTON, W.R.; WALKO, R.L. A comprehensive meteorological modeling system –RAMS. **Meteorology and Atmospheric Physics**. Austria. v.49, p.69-91. 1992.

PIELKE, R. A.; SEGAL, M. Mesoscale circulations forced by differential terrain heating. **Mesoscale Meteorology and Forecasting**, P. Ray, Ed., AMS, Chapter 22, p. 516-548, 1986.

SARAIVA, J.M.B. **Previsão do Tempo na Região Sul: Efeitos Locais e Influência da Liberação de Calor Latente**. Tese de Doutorado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 176p. 1996.

SEGAL, M.; ARRITT, R. W.; CLARK, C.; RABIN, R.; BROWN, J. Scaling evaluation of the effect of surface characteristics on potential for deep convection over uniform terrain. **Mon. Wea. Rev.**, v. 123, p. 383-400, 1995.

ZHANG, D.; ANTHES, R. A. A high resolution model of the planetary boundary layer-sensitivity tests and comparisons with SESAME-97 data. **J. Appl. Meteor.**, v. 121, p. 1594-1609, 1982.