

# CONSEQUÊNCIAS CLIMÁTICAS DA DESERTIFICAÇÃO ALEATÓRIA DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

*Dayana Castilho de Souza<sup>1</sup>, Marcos Daisuke Oyama<sup>2</sup>*

**Abstract.** The climatic impacts of gradual desertification in the semi-arid area of Northeast Brazil (SANEZ) were evaluated by using the MM5 regional model. Simulations for the rainy season of SANEZ (March, April and May) were performed and maps of random desertification (grid points affected by desertification randomly placed in SANEZ) were obtained to run the simulations. New values for some biophysical parameters of caatinga and desert (bare soil) were proposed. Random desertification does not lead to a defined anomalies pattern; climatic impacts are spread within SANEZ and this behavior was found in all the studied variables.

**Resumo.** Realiza-se um estudo de modelagem para avaliar os impactos climáticos da desertificação gradual do Semi-Árido do Nordeste brasileiro (SANEZ) por meio de simulações com o modelo regional MM5. As simulações foram realizadas para a estação chuvosa do SANEZ (março, abril e maio) com mapas de desertificação aleatória (áreas desertificadas espalhadas aleatoriamente no SANEZ), além de serem propostos novos valores de alguns parâmetros biofísicos de caatinga e deserto. A desertificação aleatória não leva a um padrão espacial de anomalias definido: os impactos climáticos encontram-se distribuídos por todo o SANEZ podendo ser observado esse comportamento em todas as variáveis estudadas.

**Palavras-Chave:** Mudanças Climáticas, Brasil, Semi Árido, Desertificação, Modelo Regional (MREG) MM5.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, grande atenção tem sido dada pela comunidade científica à questão de como o clima poderia se modificar em resposta a mudanças de cobertura vegetal ou uso da terra em diferentes regiões semi-áridas do mundo. Sud e Fennessy (1984), Dirmeyer e Shukla (1996), Oyama e Nobre (2004) e Souza (2006) avaliaram o impacto de uma desertificação de grande escala do NEB (ou do SANEZ) no clima. Em geral, esses trabalhos apontam para um enfraquecimento do ciclo hidrológico regional decorrente da desertificação, ou seja, para redução de precipitação, evapotranspiração e convergência de umidade no NEB (ou no SANEZ).

Estudos análogos foram feitos para a Amazônia (avaliando a relação entre desflorestamento e impactos climáticos na Amazônia) com modelagem regional e global. Sampaio (2008), em parte de seu trabalho avalia o impacto climático do desflorestamento aleatório na Amazônia e serviu como referência para que fosse desenvolvido um estudo similar para o SANEZ. O objetivo deste trabalho consiste apresentar parte dos resultados encontrados por Souza (2009), mostrando os impactos climáticos da desertificação **aleatória** sobre a região do SANEZ por meio de simulações com o MREG MM5.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. E-mail: [dayanacastilhos@gmail.com.br](mailto:dayanacastilhos@gmail.com.br)

<sup>2</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço, Divisão de Ciências Atmosféricas. E-mail: [oyama@iae.cta.br](mailto:oyama@iae.cta.br).

## MAPAS E PARÂMETROS BIOFÍSICOS

Para realizar as simulações foram usados os mapas de desertificação parcial aleatória (mapas com vegetação natural, ou seja, coberto predominantemente por caatinga substituída por solo nu) na resolução de 10 min. (0,16°), utilizando a técnica proposta por Sampaio (2008). Por exemplo, para gerar um mapa com 25% de desertificação, para cada ponto de grade do SANEB, gerou-se um número aleatório entre 0 e 1 ( $n$ ) de uma distribuição uniforme. Então, para derivar um mapa de extensão de desertificação aleatória de  $\varepsilon$  %, um valor de limiar foi escolhido tal que  $n > \text{limiar}$  fosse satisfeita por  $\varepsilon$  % dos pontos de grade; para esses pontos de grade, a vegetação natural é substituída por deserto ou solo nu. Para cada extensão de desertificação (25, 50 e 75%), o procedimento é rodado 3 vezes para derivar 3 diferentes mapas. Os mapas com desertificação aleatória estão na Figura 1.

Após a geração dos mapas de desertificação, ou seja, nos pontos de grade onde a cobertura vegetal foi alterada para solo nu (deserto), o tipo de solo foi modificado para areia franca (loamy sand) [representando a perda de material fino devido à erosão] e a fração de área vegetada para 1% durante todo o ano [representar uma situação extrema da conhecida perda da capacidade de regeneração das plantas]. Foram propostos novos valores de alguns parâmetros biofísicos de caatinga e deserto (Tabela 1) [esses valores são próximos aos utilizados em estudos anteriores (Guntner (2002); Cunha (2007))].

## SIMULAÇÕES

Para realizar as simulações foi usado o modelo atmosférico regional MM5 descrito em Grell et al. (1995). O domínio horizontal é centrado no SANEB e a resolução horizontal (vertical) é de 25 km (24 níveis). As condições iniciais e de contorno provêm das análises do Centers for Environmental Prediction (NCEP) disponíveis no CPTEC. As análises possuem espaçamento espacial de 1° e temporal de 12 h (00 e 12 UTC). Os dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) possuem espaçamento temporal semanal e provêm da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (espaçamento de grade de 1°). Adotam-se as mesmas parametrizações utilizadas por Vizy e Cook (2005): Kain e Fritsch (Kain (2004) para convecção profunda); Grell et al. (1995) para convecção rasa; simple ice (Dudhia, 1989) para microfísica (convecção explícita); Mlawer et al. (1997) para radiação; Hong e Pan (1996) para camada limite planetária; e Chen e Dudhia (2001) para processos de superfície. Em cada experimento de desertificação aleatória de 25, 50 e 75% foram usadas 6 condições iniciais (15, 16 e 17/02/2003; e 15, 16 e 17/02/2005), resultando em seis simulações (os primeiros quinze dias foram desprezados devido ao spin-up de umidade do solo) para a estação chuvosa para dois anos quase-normais: um pouco mais seco (2003) e outro pouco mais úmido (2005).

## IMPACTO CLIMÁTICO DA DESERTIFICAÇÃO ALEATÓRIA

A desertificação aleatória não leva a um padrão espacial de anomalias definido, tal como verificado quando ocorre desertificação parcial (padrão de dipolo entre as áreas desertificadas no SANEB e a região ao sul dessas áreas) (Souza, 2009). Na desertificação aleatória, os impactos climáticos encontram-se distribuídos por todo o SANEB (Figuras 2a-c e 2d-f). Com o aumento da porcentagem de desertificação (de 25 para 75%), as áreas com anomalias significativas se expandem (podendo eventualmente se juntar formando áreas maiores), e a magnitude das anomalias aumenta. Esse comportamento geral pode ser visto em variáveis como precipitação (Figura 2a-c), temperatura (Figura 2d-f) e em outras não mostradas (evapotranspiração, pressão, fluxo de calor sensível, saldo de radiação na superfície, e saldo de radiação no topo da atmosfera). A Figura 3 mostra as 3 áreas onde foi

observado impacto hidrológico mais significativo. A Figura 3 mostra os impactos na precipitação em relação à fração de área desertificada no SANEB. Na área 1 (leste SANEB) e no SANEB, o comportamento é semelhante: redução linear desde a desertificação de 25 até 100%. Nas áreas 2 (norte do Piauí) e 3 (oeste da Bahia), ocorre redução “quase”-linear – a taxa de redução não se mantém constante nas porcentagens de desertificação intermediárias, mas as variações são pequenas.

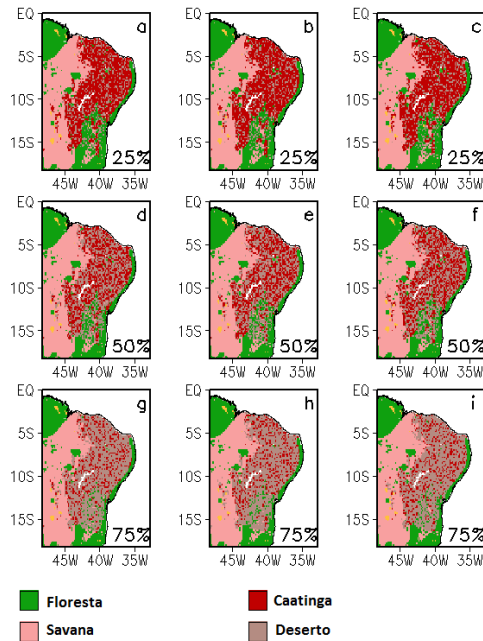
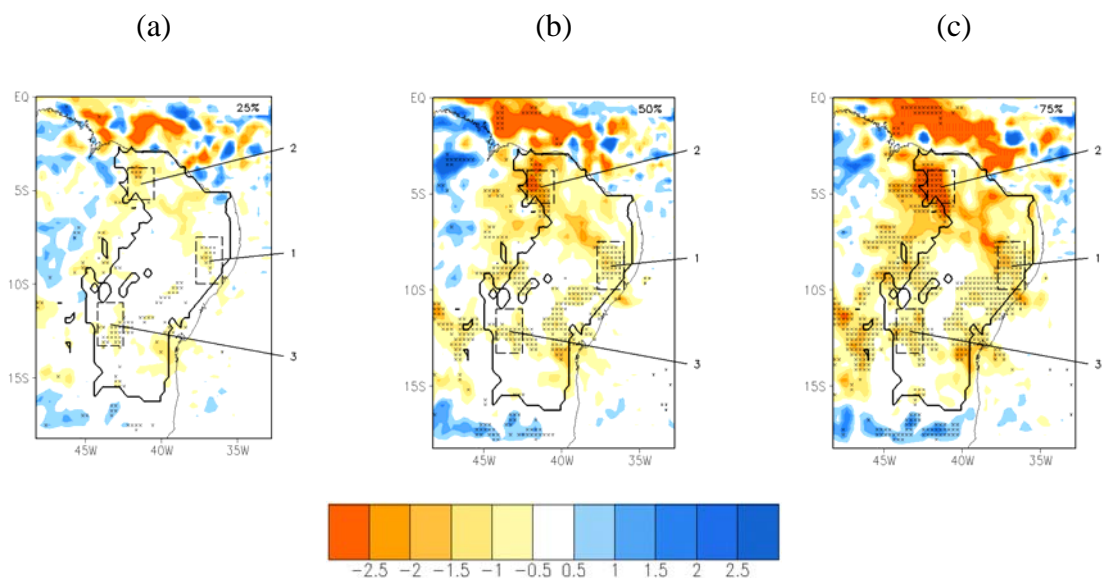


Figure 1– Mapas de vegetação usados durante os experimentos de desertificação aleatória used (extensão de desertificação de 25%, a-c; 50%, d-f; 75%, g-i).

Tabela 1 - Valores dos parâmetros biofísicos para caatinga e deserto modificados.

Parâmetro	unidade	caatinga	deserto
Albedo	%	20	35
Comprimento de rugosidade	cm	25	1



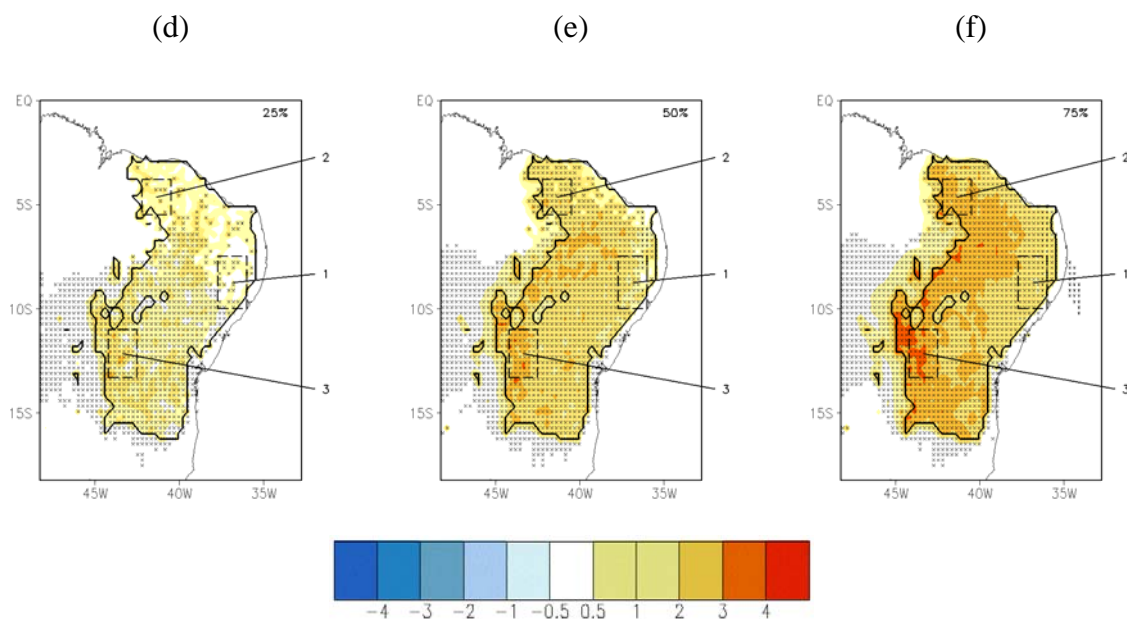


Figure 2 – Anomalias de precipitação ( $\text{mm d}^{-1}$ , a-c) e temperatura (K, d-f) para a estação chuvosa (MAM) nos experimentos de desertificação aleatória (extensão de desertificação 25%, a, d; 50%, b, e; 75%, c, f). As áreas do SANEB (onde foi feita a desertificação) estão indicadas pela linha preta mais espessa. Nos locais marcados com “x”, a significância estatística é maior que 95%.

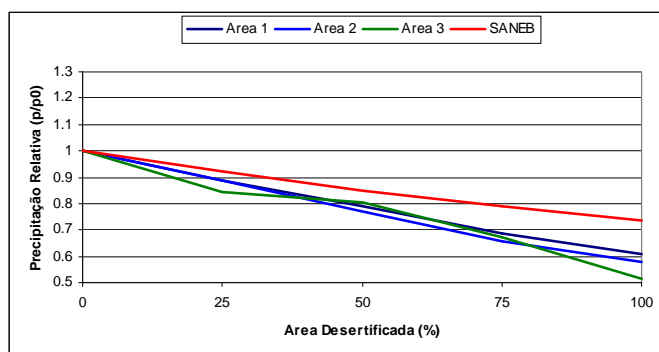


Figura 3 - Precipitação relativa média para o período chuvoso para cada cenário de desertificação: para área 1, área 2, área 3 e no SANEB.

## COMENTÁRIOS FINAIS

Realiza-se um estudo de modelagem para avaliar os impactos climáticos da desertificação gradual do Semi-Árido do Nordeste brasileiro (SANEB) por meio de simulações com o modelo regional MM5. A desertificação aleatória não leva a um padrão espacial de anomalias definido, tal como verificado na desertificação parcial (padrão de dipolo entre as áreas desertificadas no SANEB e a região ao sul dessas áreas). Os impactos climáticos encontram-se distribuídos por todo o SANEB podendo ser observado esse comportamento em todas as variáveis estudadas.

## AGRADECIMENTOS

Dayana Castilho de Souza agradece à CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação (mestrado) durante a realização deste trabalho.

## 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. **Monthly Weather Review**, v.129, p.569-585, 2001.

CUNHA, A. P. M. A. Calibração do Simplified Simple Biosphere Model - SSiB para o bioma caatinga do nordeste brasileiro. 2007-11-30. 135 p. (INPE-15202-TDI/1302). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/10.30.17.59>>. Acesso em: 07 maio 2008.

DIRMEYER, P.A.; SHUKLA, J. The effect on regional and global climate of expansion of the world's deserts. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.122, n.530, p.451-482, 1996.

DUDHIA, J. Numerical study of convection observed during winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. **Journal Atmospheric Science**, v.46, p.3077-3107, 1989.

GRELL, G.A.; DUDHIA, J.; STAUFFER, D.R. A description of the fifth-generation penn state/ncar mesoscale model (mm5). Boulder, Colorado: NCAR, 1995. 122p. NCAR Technical Note, NCAR/TN-398+STR.

GUNTNER, A. Large-scale hydrological modeling in the semi-arid north-east of Brazil. Potsdam Instituto for Climate Impact Research. Potsdam, September, 2002.

HONG, S.-Y.; PAN, H.-L. Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. **Monthly Weather Review**, v.124, p.2322-2339, 1996.

KAIN, J.S. The Kain-Fritsch convective parameterization: An Update. **Journal of Applied Meteorology**, v. 43, n.1, p. 170-181, 2004.

MLAWER, E.J. et al. Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. **Journal of Geophysical Research**, v.102, n.D14, p.16663-16682, 1997.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: A GCM simulation study. **Journal of Climate**, v. 17, n. 16, p. 3203-3213, 2004.

SAMPAIO, G. **Conseqüências climáticas da substituição gradual da floresta tropical amazônica por pastagem degradada ou por plantação de soja: um estudo de modelagem**. 28/03/2008. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

SOUZA, S. S. Impactos climáticos regionais da mudança de vegetação no semi-árido do nordeste brasileiro. 2006. 209 p. (INPE-14432-TDI/1131). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/06.12.13.47>>. Acesso em: 24 jun. 2009.

SOUZA, D. C. Conseqüências climáticas da desertificação gradativa do semi-árido do nordeste brasileiro. 2009-06-08. 126 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

SUD, Y.C.; FENNESSY, M.J. Influence of evaporation in semi-arid regions on the july circulation: a numerical study. **Journal of Climatology**, v.4, n.4, p.383-398, 1984.

VIZY, E.K.; COOK, K.H. Evaluation of LGM SST Reconstructions through their Influence on South American Climate. **J. Geophys. Res.**, v.110, doi:10.1029/2004JD005415, 2005.