

Um Modelo Acoplado Biosfera-Atmosfera, Útil para Estudos de Mudança Climática.

A. Varejão-Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
Sergio H. Franchito
V. Brahmananda Rao.
Fax.: (081) 441 4697, Recife (PE).
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), CP 515, 12 201-970, São José dos Campos (SP).

Abstract

A two-layer global statistical-dynamical primitive equations model, coupled to a simplified vegetation parametrization, based on Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS), is used to simulate tropical anthropogenic deforestation. The fraction of the earth's surface covered by each BATS vegetation type is obtained for each latitude belt, to simulate the mean annual zonally averaged climate (control experiment). In the Amazonian deforestation experiment the tropical forest is replaced by short grass in South America belt from 10°N to 10°S. The results show an increase both in the surface temperature and in the sensible heat flux to the atmosphere; the latent heat flux decreases. These results are in agreement with those earlier experiments carried out with sophisticated general circulation models.

1 Introdução

Modelos estatísticos-dinâmicos de média zonal são bastante úteis em estudos climatológicos pois exigem menos recursos computacionais e respondem mais diretamente às relações causa-efeito, tornando mais fácil a análise dos resultados. O presente trabalho consiste no acoplamento de um modelo de vegetação — baseado no *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme* (BATS), proposto por Dickinson *et al.* (1986), semelhante ao delineado por Zhang (1994) — ao modelo estatístico-dinâmico de média zonal global, com duas camadas, resolução horizontal de 10° de latitude e utilizando as equações primitivas, desenvolvido por Franchito e Rao (1992).

2 Metodologia

São variáveis de entrada do modelo de vegetação; a temperatura do ar à superfície isobárica de 500 hPa, o vento à superfície, a radiação solar incidente no "limite superior" da atmosfera, a disponibilidade de água no solo, a capacidade de interceptação da folhagem e a temperatura da sub-superfície. O modelo de vegetação estima os fluxos de radiação de ondas curtas, radiação de ondas longas, calor sensível, calor latente e condução da sub-superfície, nas áreas continentais vegetadas e desérticas de cada cinturão de latitudes, aplicando as equações que descrevem os balanços de energia e vapor d'água àquelas áreas. Empregou-se o método de Newton-Raphson para a solução simultânea do sistema de equações não lineares resultante. Foram realizados testes de sensibilidade com o modelo de vegetação isolado (resultados não mostrados) para verificar sua resposta à variação de diferentes parâmetros envolvidos. Nesses testes, as variáveis de entrada foram prescritas.

Para possibilitar o acoplamento do modelo de vegetação ao modelo atmosférico de Franchito e Rao (1992), foi desenvolvida uma metodologia específica para a estimativa dos fluxos à superfície, semelhante à descrita, utilizada no caso das áreas ocupadas por oceano, águas interiores e gelo.

O cálculo dos parâmetros médios zonais da vegetação foram obtidos empregando-se os valores específicos do BATS, tendo como pesos as frações da área ocupada por cada tipo de comunidade vegetal, em cada cinturão de latitudes. A discriminação dos tipos de cobertura vegetal foi obtida usando-se a distribuição da vegetação dominante observada, em malha de 1° de latitude por 1° de longitude (dados de Manzi e Planton, 1994).

No modelo acoplado, as variáveis de entrada são determinadas a partir dos resultados do modelo atmosférico, exceto a interceptação, a umidade do solo (prescritas para cada tipo de cobertura vegetal) e a média zonal da temperatura média anual da sub-superfície, prescrita segundo Saltzman e Vernekar (1971, 1972). Em cada ponto de grade, os fluxos homônimos F_k ($k = 1, 2, \dots, 5$) foram ponderados, tomando-se com peso a fração da superfície ocupada por áreas vegetadas e desérticas (a_{jVD}) e por oceano, gelo e águas interiores ($1 - a_{jVD}$), no correspondente cinturão de latitudes (j), ou seja: $F_{ki} = a_{jVD} F_{k,jVD} + (1 - a_{jVD}) F_{k,iOG}$, onde os índices VD e OG referem-se, respectivamente, às áreas vegetadas e desérticas e àquelas cobertas pelos oceanos, águas interiores e gelo.

Os fluxos obtidos através do modelo de vegetação são repassados ao modelo atmosférico (forçado por condições médias zonais, médias anuais), a cada passo de integração, que os utiliza na parametrização do aquecimento da atmosfera. Por sua vez, o modelo atmosférico transfere ao modelo de vegetação valores atualizados das variáveis de entrada, possibilitando recalcular os citados fluxos e, assim, sucessivamente, até a estabilização dos resultados.

3 Resultados e Discussão

Da Tabela 1 constam os desvios médios quadráticos — $D_{MQ} = [\sum_i (S_i - O_i)^2]^{1/2}$ — das simulações obtidas com o modelo original (Franchito e Rao, 1992) e com o atual, em relação a valores observados. Nessa expressão, i

corresponde ao ponto de gradé ($i = 1,2 \dots N$), S é o valor simulado e O o valor observado da variável que se considera. Os desvios foram calculados no tocante à temperatura à superfície (T_s), à temperatura do ar à superfície (T_{as}) e ao nível de 500 hPa (T_2), à evaporação, à precipitação, à componente zonal do vento nos níveis de 250 (u_1) e 750 hPa (u_3) e à velocidade vertical (OMEGA). Esses resultados comprovam a influência positiva da introdução da parametrização explícita da vegetação na maioria das simulações efetuadas, sendo os desvios [$D_{MQ} (*)$] comparáveis aos obtidos com modelos de circulação geral.

Tabela 1 - Desvios Médios Quadráticos (DMQ) de Variáveis Simuladas pelo Modelo Original de Franchito e Rao, 1992 (FR) e Atual (*), em Relação as Observações.

Variável		Observações		D_{MQ} (FR)	D_{MQ} (*)
T_s	K	Oort e Peixoto (1983)	30 S a 60 N	1,08	0,85
T_{as}	K	Oort e Peixoto (1983)	80 S a 80 N	-	0,49
T_2	K	Oort e Peixoto (1983)	70 S a 80 N	0,56	0,57
Evaporação	cm ano ⁻¹	Budyko (1980)	70 S a 55 N	2,17	1,34
Precipitação	cm ano ⁻¹	Budyko (1980)	80 S a 80 N	1,65	1,01
$ u_1 $	m s ⁻¹	Oort e Peixoto (1983)	80 S a 80 N	0,91	0,82
$ u_3 $	m s ⁻¹	Oort e Peixoto (1983)	80 S a 80 N	0,97	0,94
Omega	10 ⁻⁴ hPa	Oort e Peixoto (1983)	80 S a 80 N	0,1303	0,1438

As simulações médias zonais do total anual médio de precipitação ilustra o efeito da inclusão da vegetação (Figura 1). As principais características da curva observada foram bem simuladas, particularmente na Região Tropical, aonde os valores simulados com a inclusão da vegetação praticamente coincidem com as observações.

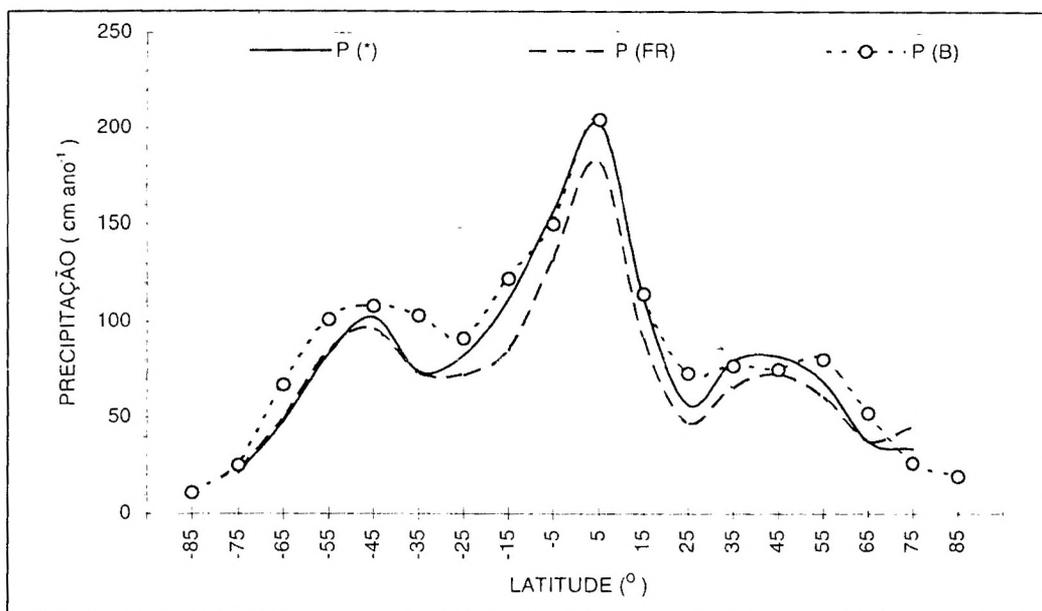


Fig. 1 - Média zonal, média anual, da precipitação simulada pelo modelo atual [$\bar{P} (*)$], pelo modelo original de Franchito e Rao (1992) [\bar{P} (FR)] e correspondente às observações [\bar{P} (B)], segundo Budyko (1980).

Foram incluídos na Figura 2 resultados do experimento de sensibilidade correspondente à substituição total da floresta tropical perenifólia por gramíneas baixas na faixa da América do Sul compreendida entre 10°N e 10°S. Esses resultados indicam que o desflorestamento da Amazônia tende a causar aquecimento à superfície, aumentando o fluxo de calor sensível e diminuindo o de calor latente (menor evapotranspiração) para a atmosfera. Tendências semelhantes são detectadas usando-se modelos de circulação geral.

4 Conclusões

Embora simples, os modelos estatísticos dinâmicos de média zonal comportam parametrizações tão sofisticadas quanto as usadas nos modelos de circulação geral, possibilitando análises mais fáceis de relações causa-efeito. De um modo geral, a introdução da parametrização explícita da vegetação, em que pese a inexistência de um modelo de hidrologia da superfície, melhorou as simulações por possibilitar uma estimativa mais realista dos fluxos à superfície, separadamente, em áreas vegetadas e desérticas e nos oceanos, águas interiores e gelo.

O modelo objeto deste trabalho mostrou-se hábil, ainda, em simular tendências de impactos climáticos causados por ações antropogênicas capazes de provocar mudanças significativas na vegetação em grandes áreas.

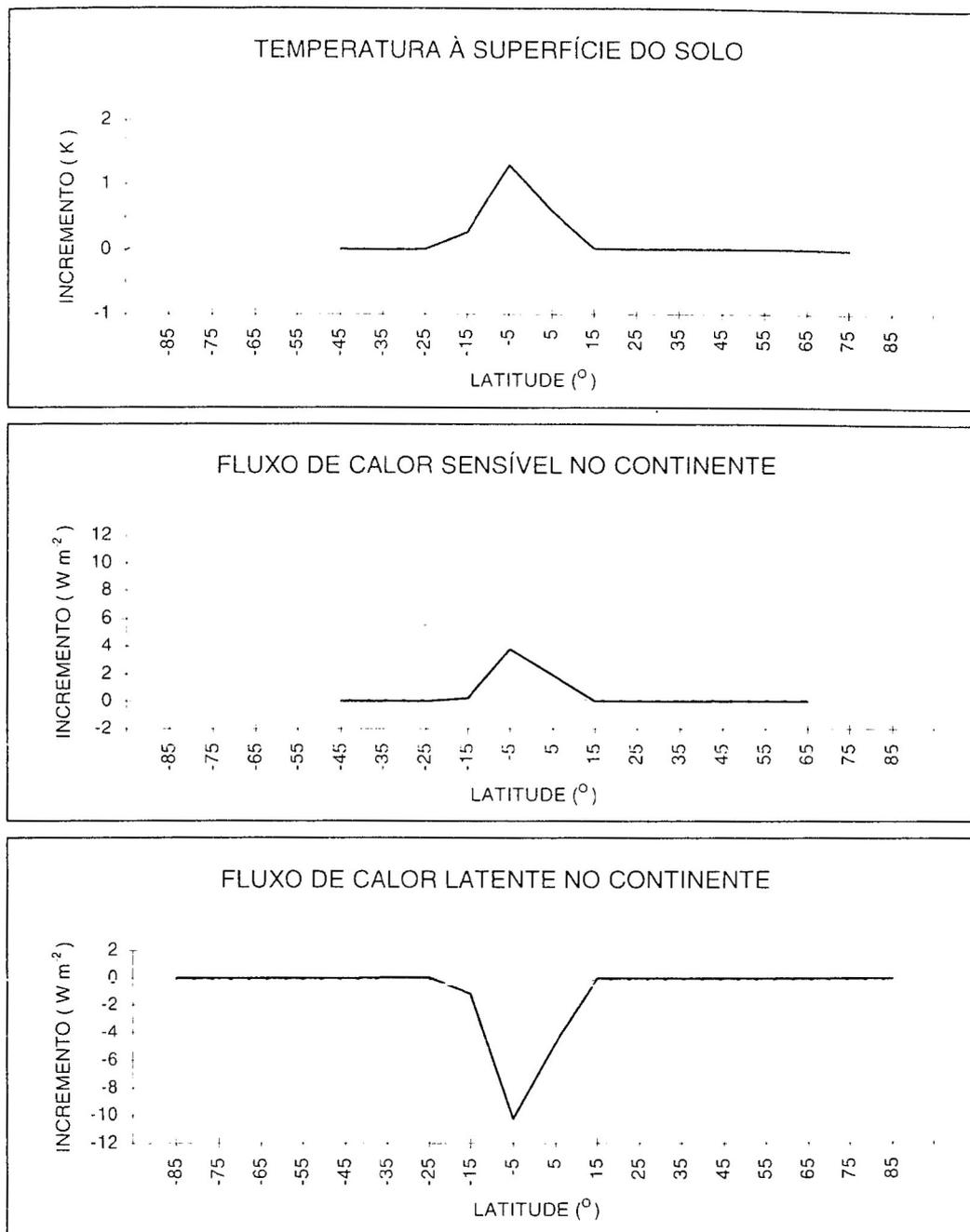


Fig. 2 - Desvios (situação perturbada menos controle), médios anuais, médios continentais da temperatura à superfície do solo e dos fluxos de calor sensível e latente à superfície, decorrentes da substituição da floresta tropical perenifolia por gramíneas baixas, na faixa da América do Sul compreendida entre 10°N e 10°S.

Este trabalho é parte dos estudos desenvolvidos pelo primeiro autor, sob orientação dos demais, como estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia do INPE.

5 Referências Bibliográficas

- BUDYKO, M. I. *Global Ecology* (Trad. from Russian Ed. 1977, by M. Shevtsov) Progress, Moscou, 1980.
- DICKINSON, R. E.; HENDERSON-SELLERS, A.; KENNEDY, P. J. and WILSON, M. F. *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS) for the NCAR Community Climate Model*. National Center for Atmospheric Research, Bolder. 1986. NCAR Tec. Note 275 + STR.
- FRANCHITO, S. H. e RAO, V. B. Climatic chage due to land surface alterations. *Climatic Change*, **22**: 1-34, 1992.
- MANZI, A. O. and PLANTON, S. Implementation of ISBA parametrization scheme for land surface processes in a GCM --- an annual cycle experiment *Journal of Hidrology* **155**: 353-387, 1994.
- OORT, A. H. and PEIXOTO, J. P. Global angular momentum and energy balance requeriments from observations. In: *Theory of Climate* (Ed. B. Saltzman). Academic, New York, 1983. (Advances in Geophysics, 25).
- SALTZMAN, B. and VERNEKAR, A. D. An equilibrium solution for axially symmetric component of th Earth's macroclimate. *Journal of Geophysical Research*, **76** (6): 1498-1524, 1971.
- SALTZMAN, B. and VERNEKAR, A. D. Global equilibrium solution for the axially symmetric component of the Earth's macroclimate. *Journal of Geophysical Research*, **77** (21): 3936-3945, 1972.
- ZHANG, T. Sensitivity properties of a biosphere model based on BATS and a statistical-dynamical climate model. *Journal of Climate* (7): 891- 913, 1994.

A Variabilidade Espacial da Precipitação sobre o Estado do Ceará

Everaldo B. de Souza,
José M. Brabo Alves
Carlos A. Repelli

Divisão de Tempo e Clima - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME
Av. Bezerra de Menezes, 1900, Fortaleza-Ceará CEP-60325-002
Fax: (085) 287-1165 - Email: everaldo@zeus.funceme.br

Abstract

This work presents an analysis of the spatial variability of precipitation observed in the Ceara State, in seasonal and monthly temporal scales. This State, entirely localized in the tropics, is characterized by a typical semi-arid climate, due high variations of the precipitation during year.

From the annual total precipitation (961,7 mm) observed on Ceara, about 14.2 % (136.9 mm) occurring during November thought January, 75.7% (728.1 mm) in February thought May and the 10.1% (96.1 mm) remaining are delivered in June thought October. The main regions contemplated with maximum precipitation are localized in north-west (Ibiapaba), south (Cariri and Araripe) and strip of coastline of the Ceara State. The midland part (Quixeramobim and Caninde) are observed minimum precipitation.

1 Introdução

O Estado do Ceará, localizado inteiramente no setor norte do Nordeste Brasileiro (NEB) e englobando uma área de aproximadamente 148.000 Km² para uma população em torno de 6,2 milhões de habitantes, caracteriza-se como uma região essencialmente semi-árida. A alta variabilidade da precipitação ao longo do ano, tanto sob o ponto de vista espacial como temporal, ocasiona sérios e grandes impactos socio-econômicos à população do Ceará (Magalhães e Glantz, 1992).

Climatologicamente o setor norte do NEB, que engloba o Estado do Ceará, apresenta uma pré-estação (novembro a janeiro) (Alves et al., 1993) e uma estação chuvosa propriamente dita, a qual manifesta-se durante os meses de fevereiro a maio (Alves e Repelli, 1992).

O regime de precipitação durante os períodos da pré-estação e estação chuvosa, em particular no Ceará, é regulado pela atuação e/ou influências de diversos sistemas meteorológicos que variam desde a pequena até a escala sinótica (eventualmente ocorrem interações entre essas escalas), tais como: as *linhas de instabilidade* que se formam na faixa litorânea (Cavalcanti e Kousky, 1989); as incursões pronunciadas de *sistemas frontais* advindos das altas latitudes austrais (Kousky, 1979); os *Vórtices Ciclônicos* que se formam nos altos níveis troposféricos (Kousky e Gan, 1981) e principalmente da manifestação da *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)* (principal sistema indutor de chuvas durante a estação chuvosa), quando da sua posição mais extrema na faixa equatorial sul do Oceano Atlântico, próximo do litoral do NEB, durante os meses de março e abril (Hastenrath, 1984).