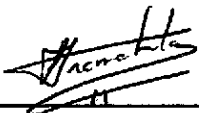


1. Publicação nº <i>INPE-3832-PRE/904</i>	2. Versão	3. Data <i>Março, 1986</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DME/DFM</i>	Programa <i>PNTE</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PREVISÃO NUMÉRICA</i> <i>GEADA</i> <i>MODELO NUMÉRICO</i> <i>CAMADA LIMITE</i>			
7. C.D.U.: <i>551.509.323.2</i>			
8. Título <i>PREVISÃO NUMÉRICA DE GEADAS</i>		10. Páginas: <i>13</i>	
		11. Última página: <i>6</i>	
9. Autoria <i>Sergio Henrique Franchito</i>		12. Revisada por <i>Nelson Arai</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por <i>Marco Antonio Raupp</i> Diretor-Geral	
14. Resumo/Notas <i>São apresentados alguns aspectos da Previsão Numérica de Tempo, bem como um modelo numérico de camada limite planetária, o qual pode ser utilizado como suporte na previsão de geada.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no IV Congresso Brasileiro de Agrome- teorologia, Londrina, PR, julho 1985.</i>			

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Sr. Nelson Arai a revisão e a Srta. Célia Regina Rosa a datilografia deste trabalho.

ABSTRACT

This report shows some aspects of the Numerical Weather Prediction and presents a planetary boundary layer numerical model which can be used as an auxiliary tool for frost prediction.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>O MODELO</u>	1
3. <u>RESULTADOS E CONCLUSÕES</u>	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6

1. INTRODUÇÃO

A atmosfera, por seu papel fundamental na vida do homem e no desenvolvimento das atividades humanas, é um dos sistemas de fluido mais estudados tanto teórica como observacional e operacionalmente. Um dos problemas centrais dentro da Meteorologia é a previsão de tempo. Na época anterior a 1950 as previsões eram feitas de maneira subjetiva. A partir de meados da década de 50, com a introdução dos métodos de modelagem numérica e o surgimento de previsão numérica de tempo (PNT), a previsão meteorológica passou a ser uma ciência exata. Bjerknes (1904) foi o primeiro a reconhecer que o estado futuro da atmosfera podia ser previsto a partir de um estado inicial através da integração das equações diferenciais que governam os movimentos lá existentes. A complexidade inerente às equações básicas, aliadas às dificuldades em estabelecer os estados iniciais em tempo real, foram até o advento do computador eletrônico, fatores inviabilizantes das tentativas de implementar operacionalmente a PNT. Após o surgimento do computador eletrônico, executou-se a primeira PNT com sucesso (Charney et alii, 1950).

Um grande número de pesquisadores estão engajados no desenvolvimento de modelos de camada limite planetária, devido a sua importância na vida humana e nas transformações que ocorrem na atmosfera. Apesar de sua simplicidade, os modelos de camada limite unidimensionais apresentam vários aspectos essenciais e comuns aos modelos em três dimensões. Apresenta-se aqui a descrição de um modelo unidimensional que simula os processos físicos que ocorrem na camada limite. Como este modelo envolve a previsão da temperatura de superfície do solo, baseado no balanço de energia, pode possivelmente ser utilizado como ferramenta auxiliar na previsão de geadas.

2. O MODELO

Neste modelo, a subcamada do solo é modelada segundo Blackadar (1976) e a camada superficial (50m) é considerada empregando a teoria da similaridade de Monin-Obukhov (Businger, 1973). As trocas de ca

lor e quantidade de movimento são efetuadas através do esquema de ajustamento do número de Richardson (Chang, 1979).

As equações relevantes do modelo são:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = f(v-v_g) + \left(\frac{\delta u}{\delta t}\right)_m, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -f(u-u_g) + \left(\frac{\delta v}{\delta t}\right)_m, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \left(\frac{\delta \theta}{\delta t}\right)_m. \quad (3)$$

As equações para as previsões das temperaturas de superfície do solo (T_g) e potencial de abrigo (θ_a) são:

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = (I_{S\uparrow} + I_{L\uparrow} - I_{L\downarrow}) C_g^{-1} + \omega(T_m - T_g) + K_s (\theta_a - T_g), \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta_a}{\partial t} = \frac{C_g}{\rho c_p d} K_s (T_g - \theta_a) - \frac{H_o}{\rho c_p d}. \quad (5)$$

O termo que envolve o efeito dos fluxos radiativos ($I_{S\uparrow} + I_{L\uparrow} - I_{L\downarrow}$) é parametrizado de duas maneiras diferentes. Na primeira de las, chamada caso 1, o ar é considerado seco e o fluxo de ondas curtas é parametrizado segundo Chang (1979); para o fluxo de ondas longas é usada a relação empírica de Brunt (1952). Na segunda delas, caso 2, o fluxo radiativo é parametrizado de acordo com Kuo e Qian (1981). Esta parametrização envolve umidade e leva em conta maiores considerações físicas. Maiores detalhes deste modelo encontram-se em Franchito et alii (1985).

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Foram realizados dois experimentos: a) Experimento 1, usando dados referentes a uma situação de verão no Hemisfério Norte, extraídos do Great Plain Experiment (Lettau e Davidson, 1957); b) Experimento 2, utilizando dados correspondentes a um dia em que ocorreu geada em Punta Arenas (Chile).

Numa análise preliminar os resultados obtidos com os dois tipos de parametrização concordam satisfatoriamente com dados de observações. Assim, como se nota na Figura 1, tanto no caso 1 como no caso 2, T_g começa a aumentar durante a manhã devido à absorção de energia solar pela superfície (Figura 2), atingindo um máximo em torno das 14:00h. Depois, com a diminuição do fluxo radiativo, T_g também diminui, acabando por atingir valores negativos no Experimento 2, revelando a ocorrência de geada. O fluxo radiativo, como se nota na Figura 2, é positivo na maior parte do dia devido ao fluxo de ondas curtas ter intensidade maior que o de onda longa emitido pela superfície. À noite, sendo o fluxo de ondas curtas nulo, o fluxo radiativo depende principalmente da parte referente à onda longa emitida pela superfície, sendo, portanto, negativo.

A análise detalhada de parâmetros relevantes na camada limite, apresentada em Franchito et alii (1985), revela o bom desempenho do modelo ao simular as suas variações diurnas. Como este modelo envolve a previsão da temperatura de superfície, pode ser usado como ferramenta auxiliar na previsão de geada. Contudo, melhorias podem ser implementadas, como por exemplo a adaptação de um modelo de solo para obtenção da temperatura T_m , a qual é mantida constante neste modelo.

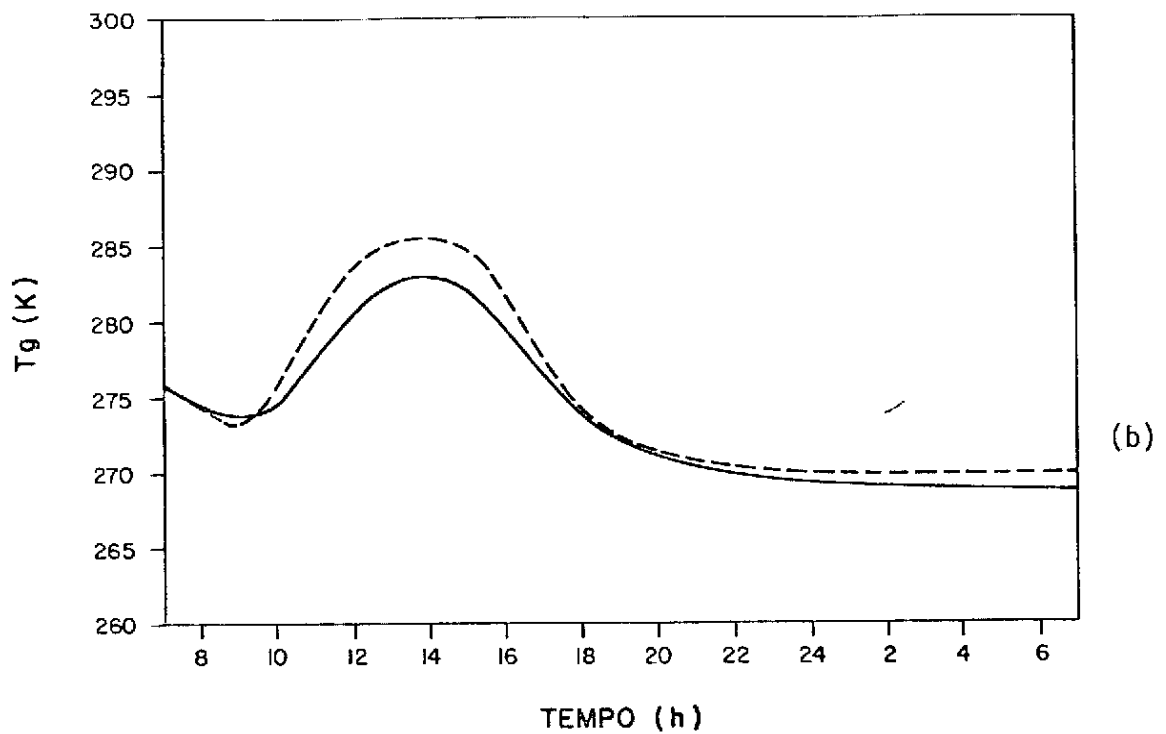
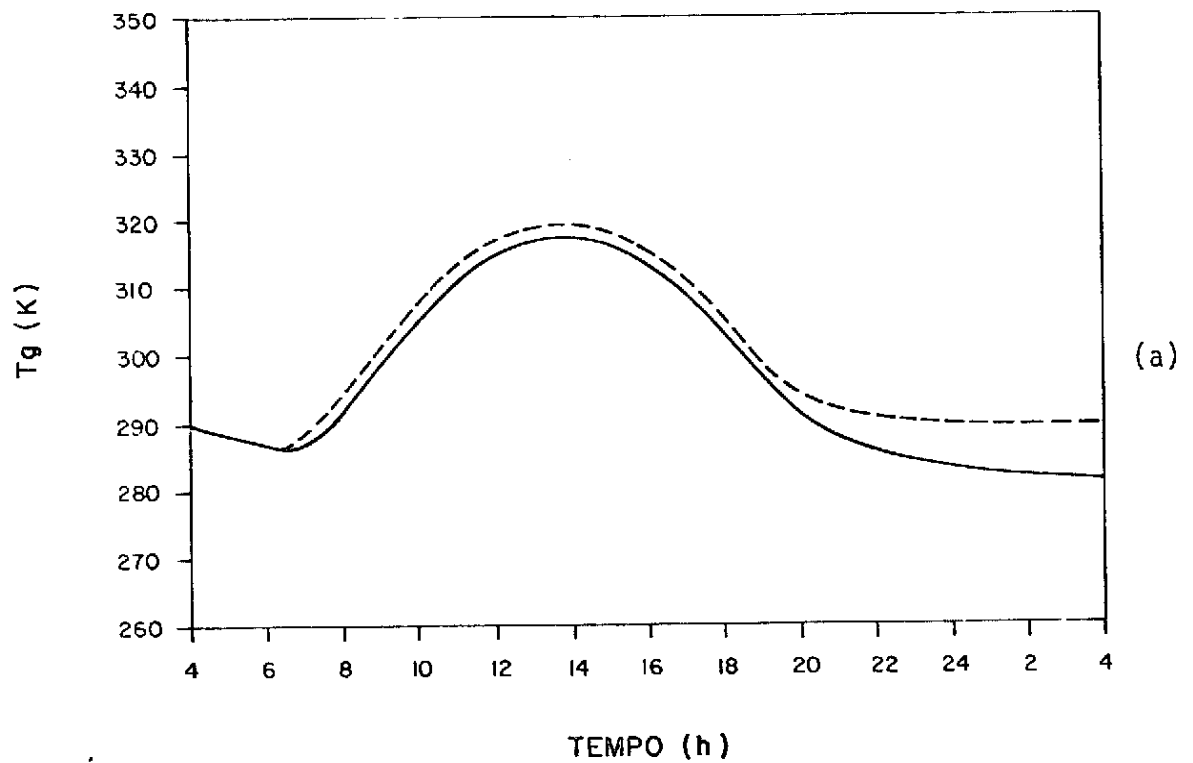


Fig. 1 - Ciclo de variação da temperatura da superfície.

A parte (a) refere-se ao Experimento 1 e a (b) ao Experimento 2.
A linha contínua corresponde ao caso 1 e a tracejada ao caso 2.

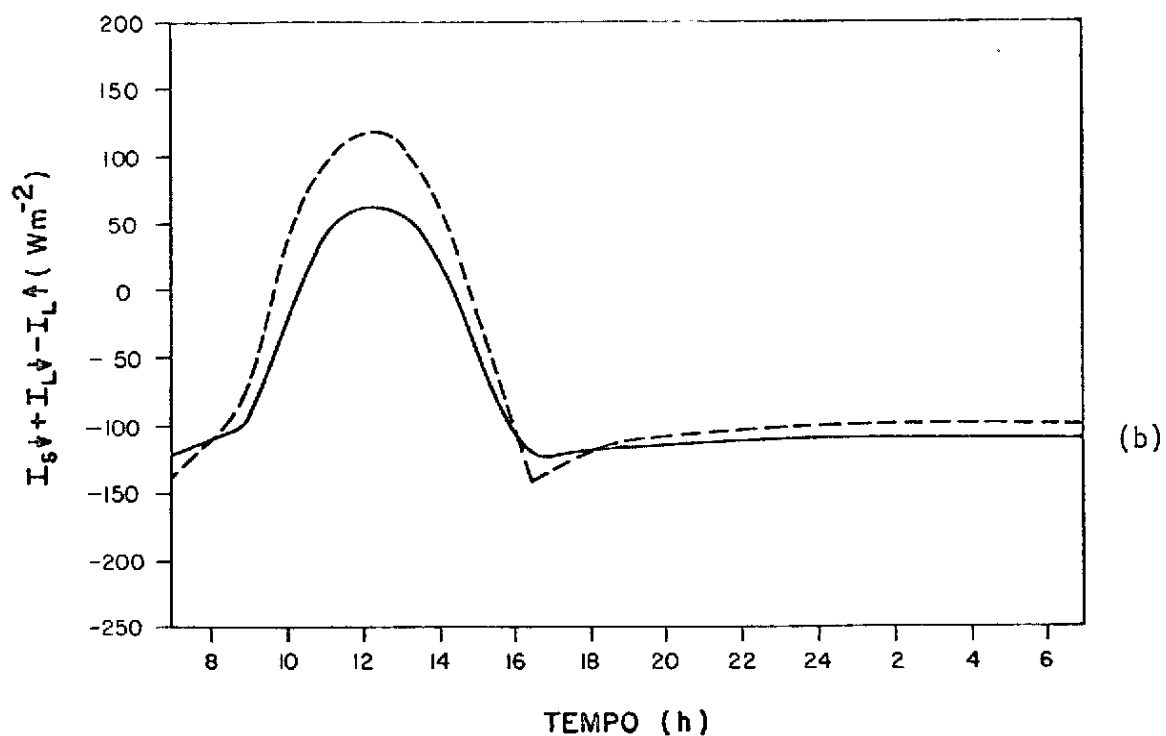
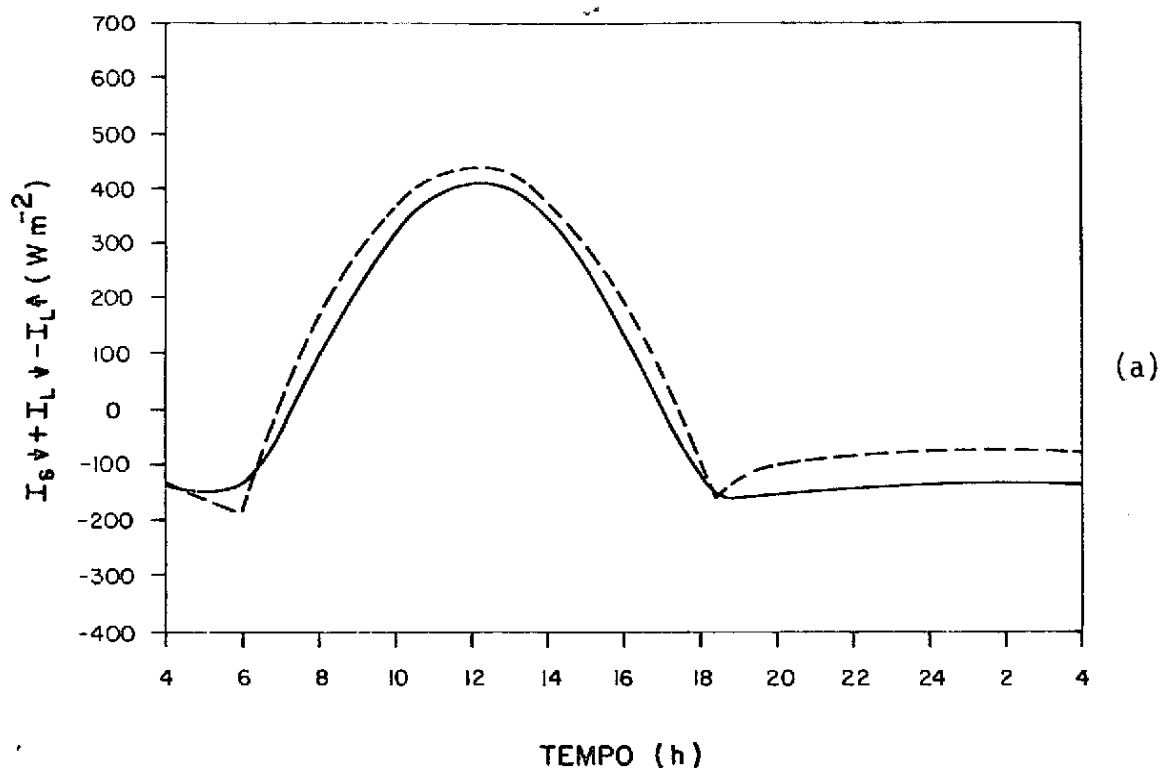


Fig. 2 - Ciclo de variação do fluxo radiativo.

A parte (a) refere-se ao Experimento 1 e a (b) ao Experimento 2.
A linha contínua corresponde ao caso 1 e a tracejada ao caso 2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLACKADAR, A.K. Modeling the nocturnal boundary layer. Third Symposium on Atmospheric Turbulence, Diffusion and Air Quality, Raleigh, North Carolina, *American Meteorological Society*. Preprints, pg. 46-69, 1976.
- BJERKNES, V. Dans problem von der Wettervorhersage, Betrachtet von Standpunkt der Mechanic under Physik. *Meteor. Z.* 54, 1904.
- BRUNT, D. Physical and Dynamical Meteorology. Cambridge University Press, 1952, pg. 126-146.
- BUSINGER, J.A. Turbulent transfer in the atmospheric surface layer. In: Workshop on Meteorology (ed. by Haugen, D.A.). *American Meteorological Society*, Boston, p. 67-69, 1973.
- CHANG, S.W. An efficient parametrization of convective and non-convective planetary boundary layer for use in a numerical model. Fourth Conference on Numerical Weather Prediction. *American Meteorological Society*, 1979.
- CHARNEY, J.G.; FJORTOFT, R.; VON NEUMANN, J. Numerical integration of the barotropic vorticity equation. *Tellus*, 2, 239-254, 1950.
- FRANCHITO, S.H.; ARAI, N.; BONATTI, J.P. Radiative flux parametrizations in a boundary layer model. São José dos Campos, INPE, 1985. (INPE-3647-RPE/484).
- KUO, H.L.; QIAN, Y.F. Influence of the Tibetan plateau on cumulative and diurnal changes of weather and climate in summer. *Monthly Weather Review*, 109:2337-2356, Nov. 1981.
- LETTAU, H.H.; DAVIDSON, B. Exploring the atmosphere's first mile. In: GREAT PLAINS TURBULENCE FIELD PROGRAM. Proceeding. O'Neill, Nebraska - 1 Aug. to 8 Sept. 1953. New York, Pergamon, 1957, p. 337-576.