

RADIATIVE FLUX DIVERGENCE OVER BRAZILIAN PANTANAL DURING MAY 1998

Regina C. SANTOS ALVALÁ¹, K. P. R. VITTAL MURTY¹, Ralf GIELOW¹, Antônio O. MANZI², Amaury de SOUZA³

RESUMO

Estimativas acuradas do saldo de radiação sobre superfícies naturais são essenciais para a determinação da energia disponível para os processos de transferência de calores sensível e latente entre a superfície e a atmosfera. Assim sendo, determinaram-se neste trabalho as taxas de aquecimento e resfriamento na camada limite superficial sobre região do Pantanal Sul Mato-grossense, durante o período de transição entre as estações úmida e seca. Os resultados mostraram altos valores de divergência e convergência, o que pode ser associado à presença de umidade e à divergência de fluxo de calor latente na região.

Key-words: Pantanal, warming, cooling, net radiation.

INTRODUCTION

Accurate estimates of net radiation above natural surfaces, including e. g. soil, grassland, crops, forests and wetlands, are important for the determination of the energy that is available for latent heat (water vapor) and sensible heat transfer processes between these surfaces and the atmosphere. Such estimation is therefore important for the determination both of the evaporation in hydrological studies and of the heat budget in climatological and agricultural meteorology studies.

The atmospheric planetary boundary layer height varies over a wide range (from several tens of meters to several kilometers) and depends principally on the following variables, among others: rate of heating or cooling of the surface, wind speed, roughness and other topographical characteristics of the surface, large -scale vertical motion, horizontal advection of heat and moisture (Arya, 1988).

In many theoretical studies of the nocturnal boundary layer (NBL) the radiative flux divergence has been neglected, but results from Garratt and Brost (1981) of NBL simulations, where cooling is included, gave an indication of the importance of the radiative term in the

¹ Dr., Pesquisador Associado. Divisão de Ciências Meteorológicas (DCM/INPE), São José dos Campos (SP). E-mail: regina@met.inpe.br.

² Dr., Pesquisador Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista, SP.

³ Pesquisador, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS

determination of the thermodynamic structure of the NBL. Ever since other studies were conducted to analyze the cooling rate at different heights (André and Marth, 1982; Stull, 1983a,b; Cerni and Parish, 1984; Carlson and Stull, 1986; Turton and Brown, 1987). It is clear that proper specification and evolution of the terrestrial and atmospheric fluxes requires a knowledge of the absorption and emission characteristics of the atmosphere. In particular, the absorption and emission are sensitive and vary with the vertical profiles of water vapor and temperature. True representation of radiative cooling is of central importance in understanding certain dynamic features of the nocturnal boundary layer, especially gravity-driven slope flows such as mountain-valley circulation or katabatic winds (Cerni and Parish, 1984).

The objective of this work is to investigate the radiative cooling rate at the surface layer above the Southern region of the Pantanal wetland of South Mato Grosso State during the flood season.

SITE DESCRIPTION AND DATA

The place of study is located in the southern region of Pantanal wetland of South Mato Grosso State, Brazil. The region is characterized by seasonal inundation pattern (Hamilton et al., 1996) and peculiar fetch conditions, with typical vegetation cover called "paratidal" (*Tabebuia caraiba*). A field campaign was carried out, as part of a broad experimental program to study the characteristics of the weather and the climate of the central region of Brazil.

Measurements were made using a 21 m aluminum tower located near to the Base site of Pantanal Studies of the Federal University of South Mato Grosso - UFMS (19°33'48,2"S, 57°00'53.8"W), and near to the river Miranda.

The net radiation data (10 minutes averages) were acquired using net radiometers (Rebs), installed at 4 and 20.4 m on the tower, and recorded in a data logger (CR10 Campbell Scientific). For the present study, 15 days, from 13 to 27 May (Julian days 133 to 147, respectively) were chosen. During this period, the predominant wind direction was southerly, varying between south westerly and south easterly, but there was drastic change in the wind direction with the passage of large scale synoptic disturbances.

METHODOLOGY

The rate of warming or cooling of a layer of air due to change of net radiation with height can be calculated from the principle of conservation of energy. Considering a thin layer between the levels z and $z + \Delta z$, where the net radiative fluxes are $R_n(z)$ and $R_n(z + \Delta z)$ one gets

$$\rho C_p \Delta z (\partial T / \partial t)_R = R_n(z + \Delta z) - R_n(z) = (\partial R_n / \partial z) \Delta z$$

or
$$(\partial T / \partial t)_R = (1/\rho C_p)(\partial R_n / \partial z)$$

where ρ is the mass density, C_p is the specific heat at constant pressure, $(\partial T / \partial t)_R$ is the rate of change of temperature due to radiation and $\partial R_n / \partial z$ represents the convergence or divergence of net radiation (Arya, 1988). Radiative flux convergence occurs when R_n increases with height ($\partial R_n / \partial z > 0$) and divergence occurs when $(\partial R_n / \partial z) < 0$. The former leads to warming and the later to cooling of the air.

RESULTS AND DISCUSSIONS

During the period studied, the ground was covered with a thin layer of water having vegetation with floating root system, e.g., *Eichhornia crassipes* ("aguapé"); the water level of the surface was 0.089 m on May 14 and decreased to 0.038 m on May 27. The water layer affects the radiation measurements, specially during sunset and sunrise periods, and latent heat flux.

The cloud cover, in hourly octaves, as shown in Table 1, comprises of clear and cloudy days during the period. Stratocumuli were the predominant clouds.

Table1 - Cloud cover near to the tower during measurements period.

Julian Day	Day	Hour											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
133	13	7	7	7	6	6	4	2	3	1	2	2	3
134	14	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
135	15	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
136	16	8	8	8	7	7	5	6	5	4	5	3	1
137	17	3	3	1	2	2	3	2	2	2	1	2	5
138	18	0	0	0	0	1	2	1	1	1	1	0	0
139	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	24	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
145	25	0	0	3	3	6	6	6	7	7	7	4	4
146	26	8	7	7	8	8	8	7	7	7	8	8	8
147	27	8	8	7	7	5	7	7	8	8	8	7	7

The inflection points of the diurnal variation of net radiation for both heights (4 and 20.4 m) are shown in Table 2: there are larger fluctuations in the inflection points near to the ground, i. e., at 4 m.

Table2 - The inflection points in diurnal variation of net radiation

Day	Morning time of the 1 st positive value		Evening time of the 1 st negative value	
	4 m	20.4 m	4 m	20.4 m
133	6:20	6:20	16:50	16:50
134	6:40	6:50	17:00	17:00
135	6:30	6:30	17:10	17:00
135	6:40	6:40	16:50	17:00
137	6:50	7:00	16:40	16:50
138	6:50	6:50	16:40	16:50
139	6:40	6:50	16:40	16:50
140	6:30	6:40	16:40	16:50
141	6:30	6:50	16:40	16:50
142	6:50	6:50	16:50	16:50
143	6:40	6:50	16:40	16:50
144	6:40	6:50	16:50	16:50
145	6:30	6:50	17:00	17:00
146	6:30	6:40	17:40	17:30
147	6:40	6:40	17:00	17:00

In the daytime, during clear skies, the net radiation is dominated by the net shortwave radiation.

The radiative flux convergence occurs mainly between 14 and 16 h local time in all days. The maximum warming (10 K/h) of the air is observed on day 140 (May 20), which is a clear day (Figure 1a). This large value can be explained due to warming of the superficial layer most probably due to the convergence of latent heat flux. The minimum warming (1 K/h) is observed on day 147 (May 27), a predominantly cloudy day (Figure 1b). At night, the net radiation is entirely due to net longwave radiation and the radiative flux divergence, which predominates most of the time during the period analyzed. The maximum cooling of the air, as high as -8 K/h, was observed on clear days (days 138, 140, and 143). It should be mentioned here that the cooling rates of the order of 1 to 3 K/h in many field experiments were quoted by Stull (1988). The cooling rates observed in Pantanal are high values compared to those quoted by Stull. It can be explained due to the presence of moisture, which is abundant, and plays an important role in the radiative cooling. In other words this may be attributed to the latent heat flux convergence. Besides the latent heat, the

vegetation also plays an equally important role by pumping moisture into the atmosphere by transpiration.

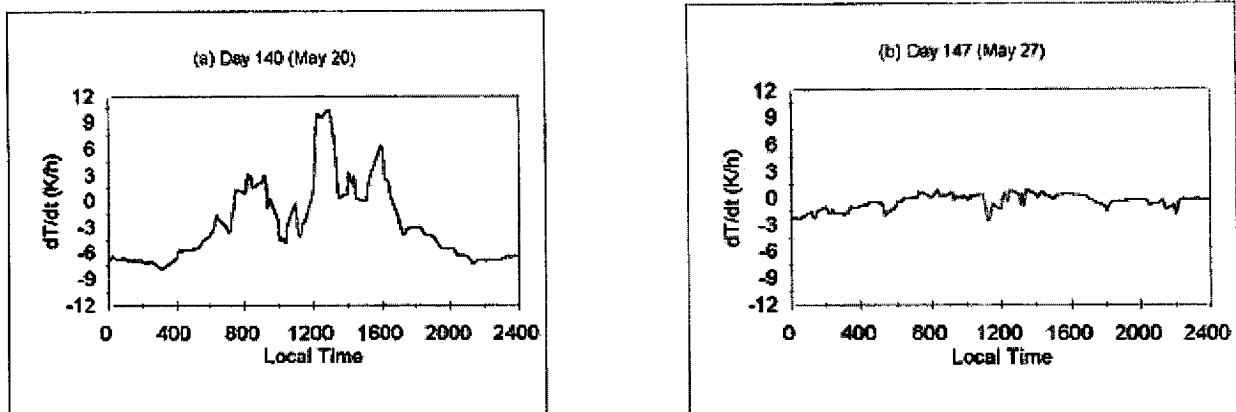


Figure 1 - Radiative flux convergence or divergence in the lower atmosphere at Pantanal.

CONCLUSIONS

The cooling and warming rates observed in Pantanal during the observation period (days 133 to 147) are high, especially on clear days. In this region, the moisture and the vegetation play an important role in the radiation balance and, thus, in the cooling and warming rates.

Acknowledgments: The authors would like to thank Dr Leonardo Sá (INPE), Carla Muller, Massao Uetanabaro, Hamilton G. Pavão, Jorge Gonçalves and Waldeir Moreshi Dias (UFMS) for technical support. The authors also thank Dr Paulo Caramori and Dr Nelson Dias (IAPAR), Dr Antônio Guerra (EMBRAPA/CPAC) and Dr Romísio G. B. André (UNESP/Jaboticabal) for lending instruments. Thanks are due to Luis Eduardo da Rosa (DCM/INPE) and Jorge Melo (CPTEC/INPE) who were responsible for the calibration and the installation of the instruments. The authors also acknowledge Ângela Yuri Harada for data processing, and Dr Clóvis Angelo Sansigolo, Msc. Clóvis M. E. Santo (DCM/INPE) and Msc. Elisabete Caria Moraes (DMS/INPE) for their assistance. This experiment was partially supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) under contract 0098/00105-5.

REFERENCES

- ANDRÉ, J. C.; MAHRT, L. The nocturnal surface inversion and influence of clear-air radiative cooling. *J. Atmos. Sci.*, v.39, p. 864-878, 1982.

IMPLEMENTAÇÃO DO MOS PARA PREVISÃO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS E AVALIAÇÃO DE SEU DESEMPENHO DURANTE O INVERNO DE 1998

Mário Francisco Leal de QUADRO¹, Nelson Luis DIAS²

RESUMO

Desde o inverno de 1998 o modelo Estatístico “Model Output Statistics”(MOS) vem sendo utilizado para previsão de temperaturas mínimas em determinadas localidades do Estado do Paraná. Neste ano foi desenvolvido uma rotina operacional que elabora a previsão e a avaliação dos erros automaticamente. Este trabalho apresenta uma descrição dos episódios de geadas ocorridos no Paraná no inverno de 1998, assim como o comportamento das previsões do MOS e dos meteorologistas do SIMEPAR.

INTRODUÇÃO

Há bastante tempo o MOS vem sendo aplicado na previsão do tempo em outros centros meteorológicos (Dallavalle et al. 1992; Yacowar et al., 1992; Esterle, 1992; Vasiliev, 1991). Este modelo é uma poderosa ferramenta para os meteorologistas, pois através dele pode-se prever uma infinita variedade de campos meteorológicos, e para qualquer localidade. Neste trabalho o MOS foi utilizado para o cálculo da temperatura mínima (Tmin) nas principais regiões produtoras do Paraná, durante o período de inverno de 1998. Ele foi desenvolvido através das saídas do modelo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/COLA) e dos dados observados de Tmin das estações do IAPAR.

Alguns parâmetros estatísticos foram utilizados para avaliar o comportamento médio das previsões do MOS, visando determinar a sua eficiência para previsão da Tmin em 30 localidades no Estado do Paraná. Ressalta-se que este modelo foi implementado no inverno passado no SIMEPAR em caráter experimental, pois foi utilizado apenas um período de seis meses como base de dados para o cálculo dos coeficientes do MOS. As previsões do MOS também são comparadas com as dos meteorologistas do SIMEPAR, mostrando que este modelo é uma boa ferramenta para os previsores.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: ndias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

A avaliação do comportamento do MOS para um evento de geada forte ocorrido em 26 de junho de 1998, mostra que o modelo também apresenta um bom desempenho, quando da ocorrência deste evento extremo. Finalmente, é apresentado o estado atual da implementação deste modelo estatístico de previsão de temperaturas extremas no SIMEPAR.

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de T_{min} (preditantes) do inverno 1997 (abril a setembro) utilizados foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Como preditores potenciais foram utilizadas as previsões do modelo (24, 48 e 72 horas) de circulação geral da atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA, no mesmo período das observações. Estas previsões, em ponto de grade, que possuem uma resolução horizontal de 1.875 x 1.875 graus de latitude/longitude (aproximadamente 200 Km), foram inicialmente interpoladas para as coordenadas das localidades onde se obteria a previsão. Kim et. Al (1998) demonstra os métodos estatísticos utilizados no cálculo do MOS. A figura 1 apresenta um diagrama do cálculo das previsões através do MOS.

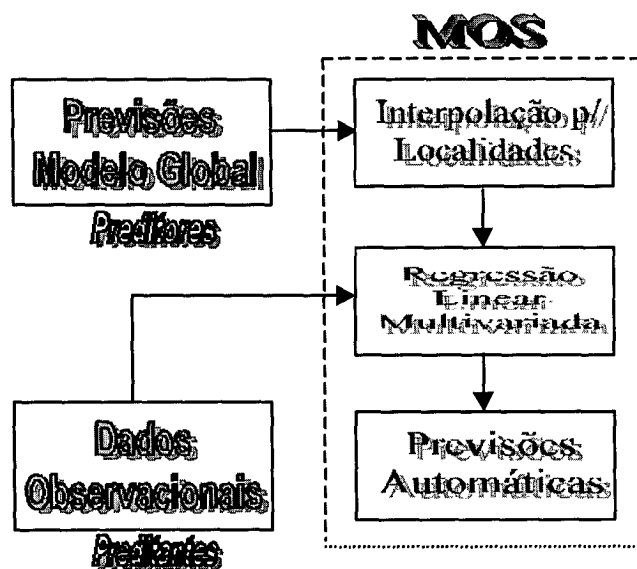


Fig. 1 - Diagrama esquemático da rotina de cálculo dos coeficientes de regressão do MOS.

A avaliação das previsões foi feita com utilização dos seguintes parâmetros estatísticos erro aritmético (*bias*), erro absoluto (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*), entre as previsões pontuais do MOS e as respectivas observações no período proposto (abril a setembro de 1998). Foi

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

elaborado também um estudo de um caso de ocorrência de geada forte no Paraná e o comportamento do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os meses mais frios (abril a setembro) de 1998, foram registrados a ocorrência de 23 eventos de geadas. Destes, três casos foram considerados fortes (20/06; 25/06; 26/06), 3 moderados (18/06; 25/06; 26/06) e 17 fracos. A tabela 1 contém as datas, localidades e temperaturas observadas nos episódios de geadas. Verifica-se, através desta tabela, que os casos de ocorrência de geadas concentraram-se entre os meses de junho e julho, ocorrendo também alguns eventos isolados nos meses de abril, maio e agosto.

TABELA 1 – REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE GEADAS NO ESTADO DO PARANÁ (DATA E Tmin DO ABRIGO) DURANTE OS MESES DE ABRIL A AGOSTO DE 1998

ESTAÇÕES/PR	ABR/98	MAI/98	JUN/98	JUL/98	AGO/98
PALMAS	18*(5.7), 31*(4.8)	18*(5.7), 31*(4.8)	01*(5.0),02*(1.7),03*(5.2), 04*(5.6),05*(6.3),07*(6.4), 10*(6.7),18**(2.7), 20*** (2.8),21*(6.0), 25**(1.0),26*(3.2),27*(4.1)	10*(2.4),11(4.0)	07*(5.0)
P. GROSSA			02*(04)		
LAPA			25**(5.0),26**(2.6)	10**(1.6)	
LONDRINA			26*(6.6)		
PALOTINA			25*(3.9)		
P. BRANCO			26**(4.0)	10*(2.2),14*(6.2)	
PINHAIS			25**(0.6)		
PLANALTO			25*(3.0)		
P. GROSSA			25**(1.6),26*(4.6)	*(3.0),11*(5.0),27*(5.2)	
QUEDAS DO IGUAÇU			25*** (9.4),26*** (5.0)		
TEIXEIRA SOARES			25*** (1.3),26*(4.7)	10*(3.2),11*(3.8)	
TOTAL EVENTOS	2	2	13	5	1
*GEADAS FRACAS **GEADAS MODERADAS ***GEADAS FORTES					

O sistema operacional do MOS do SIMEPAR executa previsões de Tmin de 24, 48 e 72 horas para 30 localidades no Estado. Anteriormente os meteorologistas elaboravam previsão objetiva de Tmin para apenas 8 localidades no Estado. A figura 1 mostra a avaliação das previsões de Tmin do MOS

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

no período de abril a setembro de 1998. Pode-se observar que o MOS apresentou um erro aritmético (*bias*) pequeno (entre $-0,5$ e $0,5$) em praticamente todo o período de previsão. Apenas nos meses de abril e junho verificou-se erros médios próximos a 1C .

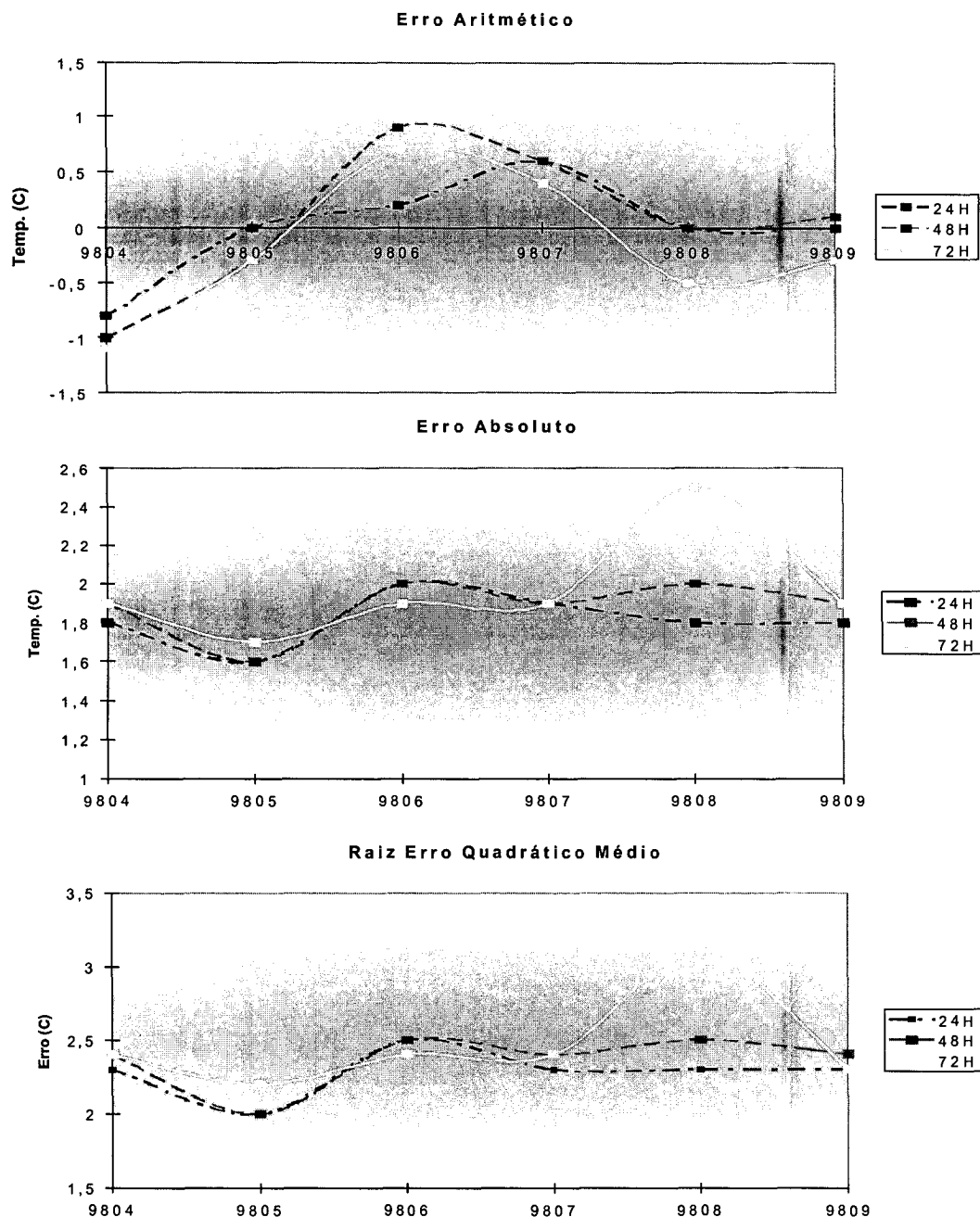


Fig. 1 – Erros aritmético (*bias*), absoluto (*ea*) e raiz do erro quadrático médio (*reqm*), médios mensais, das previsões do MOS no período de abril a setembro de 1998.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

Os erros absolutos (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*) também mostraram que o modelo, em média, executou boas previsões no inverno passado. O *ea* ficou abaixo de 2C, e o *reqm* abaixo de 2,5C. Outro resultado importante reside no fato dos erros não aumentarem significativamente com o decorrer das previsões. Apenas a previsão de 72 horas para o mês de agosto apresenta erros significativos, comparados com os demais.

A figura 2 mostra a diferença entre a previsão de 24 horas do MOS e as mínimas observadas no dia 26 de junho de 1998. Pode-se observar que, nas localidades onde ocorreram geadas, o modelo previu a T_{min} com até 2C de precisão. Além disso o modelo, em geral, detectou relativamente bem o resfriamento ocorrido. Apenas em algumas localidades no oeste e norte do Estado o MOS previu temperaturas bem acima do registrado.

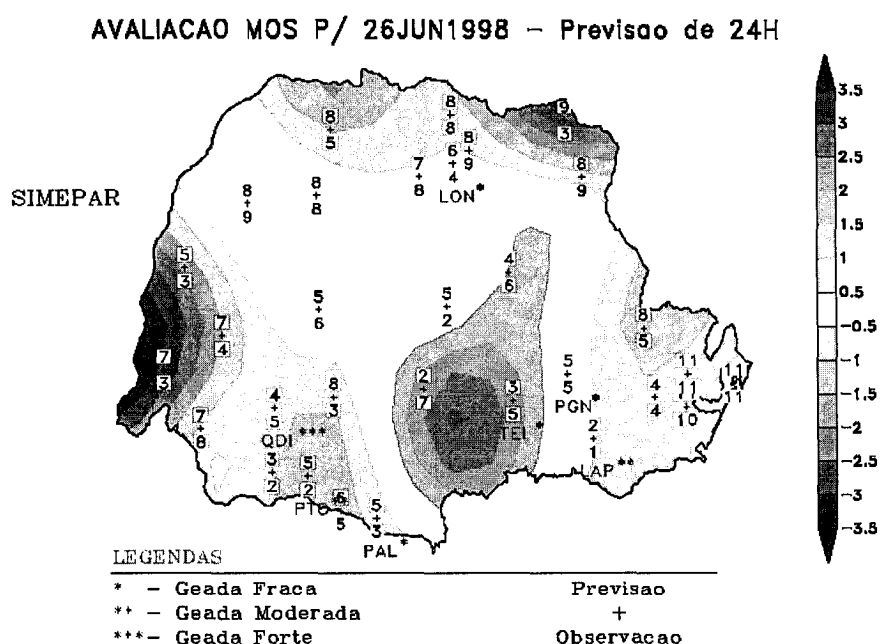


Fig. 2 – Avaliação da previsão de 24 horas do MOS, e registros de geadas ocorridas no dia 26 de junho de 1998.

Uma comparação entre os erros apresentados pelo MOS e pelos meteorologistas do SIMEPAR, para quatro localidades onde é realizada a previsão de T_{min} de 24 horas, é mostrada na tabela 2. Em geral, a magnitude dos erros é a mesma, com o MOS apresentando erros um pouco menores em Cascavel, Ponta Grossa e Londrina, e o contrário em Londrina. As principais diferenças podem ser verificadas nos *bias* das duas previsões. Enquanto em Londrina o MOS apresenta um *bias* negativo significativo (-2.0C), em Pato Branco o *bias* dos meteorologistas é elevado (-1.5C).

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

TABELA 2 – ERROS MÉDIOS ARITMÉTICO, ABSOLUTO E REQM DA PREVISÃO DO MOS E DOS METEOROLOGISTAS DO SIMEPAR ENTRE ABRIL E SETEMBRO DE 1998

ERROS 24 HORAS						
ESTACAO	BIAS		E. ABSOLUTO		REQM	
	MOS	MET	MOS	MET	MOS	MET
Cascavel	-0.2	-0.1	1.9	2.0	2.3	2.5
Londrina	-2.0	0.3	2.5	2.3	2.9	2.9
P. Grossa	-1.0	-1.8	2.0	2.8	2.4	3.4
P. Branco	0.5	-1.5	1.7	2.5	2.1	3.1

O MOS está em operação no SIMEPAR desde Abril de 1998. Atualmente ele executa previsões de Tmin de 24, 48 e 72 horas, em 30 localidades no Estado, para dois períodos do ano. No período de inverno, ele foi calculado com dados de abril a setembro dos dois últimos anos e para o verão, com dados de 10/97 a 03/98 (6 meses). Também são rodadas previsões de temperaturas máximas de 36, 60 e 84 horas para 37 localidades no Estado, calculadas com dados de 10/97 a 03/98, 10/98 a 12/98 (9 meses). A automação do sistema foi feita de forma que os coeficientes do MOS sejam recalculados ao final de cada estação (inverno/verão).

CONCLUSÕES

Conclui-se deste trabalho que, apesar de ser apenas um modelo experimental, o MOS vem se tornando uma ferramenta essencial para auxiliar os meteorologistas que trabalham nos centros operacionais de previsão numérica de tempo. Por sua vez, a operacionalização deste modelo facilitará tanto a previsão de fenômenos meteorológicos, como na avaliação dos resultados obtidos pelo MOS.

No entanto, alguns avanços futuros são necessários:

- Obter previsões pontuais de precipitação, nebulosidade, umidade relativa, etc;
- Calcular os coeficientes do MOS trimestralmente, a medida que aumentar a período de dados;

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

- Melhorar a qualidade das previsões com a utilização das saídas dos Modelos Regionais (ETA e RAMS) p/ obter MOS a curto prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DALLAVALLE J.P., BOWER J.B., DAGOSTARO V.J., MILLER D.T., AND SU J.C., 1992: Development of a new statistical weather forecast system. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada Toronto, p. 201-206.
- ESTERLE G.R., 1992: Adaptive, Self-learning statistical interpretation system for the Central Asian region. *Annales Geophysicae. An Geophysicae* 10. p.924-929.
- KIM, I. S.; QUADRO M. F. L.; MARENGO J A. 1998. Sobre Interpretação Estatística Da Saída Do Modelo Numérico. X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasília, 26-30 Outubro.
- VASILIEV, P.P. 1991, Medium-range air temperature and precipitation forecasting over Eurasia. *Meteorologia i Hidrologia*, N 2, p. 13-23.
- YACOWAR N., BOULAIS J., RICHARD G. AND VERRET R., 1992: Improvement of perfect prog produced probability of precipitation forecasts by selective tuning with information from others sources. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada, Toronto, p. 80-89.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

IMPLEMENTAÇÃO DO MOS PARA PREVISÃO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS E AVALIAÇÃO DE SEU DESEMPENHO DURANTE O INVERNO DE 1998

Mário Francisco Leal de QUADRO¹, Nelson Luis DIAS²

RESUMO

Desde o inverno de 1998 o modelo Estatístico “Model Output Statistics”(MOS) vem sendo utilizado para previsão de temperaturas mínimas em determinadas localidades do Estado do Paraná. Neste ano foi desenvolvido uma rotina operacional que elabora a previsão e a avaliação dos erros automaticamente. Este trabalho apresenta uma descrição dos episódios de geadas ocorridos no Paraná no inverno de 1998, assim como o comportamento das previsões do MOS e dos meteorologistas do SIMEPAR.

INTRODUÇÃO

Há bastante tempo o MOS vem sendo aplicado na previsão do tempo em outros centros meteorológicos (Dallavalle et al. 1992; Yacowar et al., 1992; Esterle, 1992; Vasiliev, 1991). Este modelo é uma poderosa ferramenta para os meteorologistas, pois através dele pode-se prever uma infinita variedade de campos meteorológicos, e para qualquer localidade. Neste trabalho o MOS foi utilizado para o cálculo da temperatura mínima (Tmin) nas principais regiões produtoras do Paraná, durante o período de inverno de 1998. Ele foi desenvolvido através das saídas do modelo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/COLA) e dos dados observados de Tmin das estações do IAPAR.

Alguns parâmetros estatísticos foram utilizados para avaliar o comportamento médio das previsões do MOS, visando determinar a sua eficiência para previsão da Tmin em 30 localidades no Estado do Paraná. Ressalta-se que este modelo foi implementado no inverno passado no SIMEPAR em caráter experimental, pois foi utilizado apenas um período de seis meses como base de dados para o cálculo dos coeficientes do MOS. As previsões do MOS também são comparadas com as dos meteorologistas do SIMEPAR, mostrando que este modelo é uma boa ferramenta para os previsores.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: ndias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

A avaliação do comportamento do MOS para um evento de geada forte ocorrido em 26 de junho de 1998, mostra que o modelo também apresenta um bom desempenho, quando da ocorrência deste evento extremo. Finalmente, é apresentado o estado atual da implementação deste modelo estatístico de previsão de temperaturas extremas no SIMEPAR.

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de T_{min} (preditantes) do inverno 1997 (abril a setembro) utilizados foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Como preditores potenciais foram utilizadas as previsões do modelo (24, 48 e 72 horas) de circulação geral da atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA, no mesmo período das observações. Estas previsões, em ponto de grade, que possuem uma resolução horizontal de 1.875 x 1.875 graus de latitude/longitude (aproximadamente 200 Km), foram inicialmente interpoladas para as coordenadas das localidades onde se obteria a previsão. Kim et. Al (1998) demonstra os métodos estatísticos utilizados no cálculo do MOS. A figura 1 apresenta um diagrama do cálculo das previsões através do MOS.

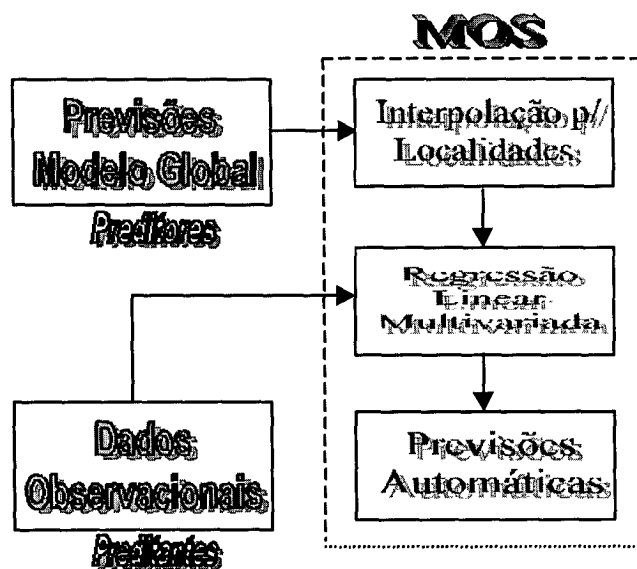


Fig. 1 - Diagrama esquemático da rotina de cálculo dos coeficientes de regressão do MOS.

A avaliação das previsões foi feita com utilização dos seguintes parâmetros estatísticos erro aritmético (*bias*), erro absoluto (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*), entre as previsões pontuais do MOS e as respectivas observações no período proposto (abril a setembro de 1998). Foi

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

elaborado também um estudo de um caso de ocorrência de geada forte no Paraná e o comportamento do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os meses mais frios (abril a setembro) de 1998, foram registrados a ocorrência de 23 eventos de geadas. Destes, três casos foram considerados fortes (20/06; 25/06; 26/06), 3 moderados (18/06; 25/06; 26/06) e 17 fracos. A tabela 1 contém as datas, localidades e temperaturas observadas nos episódios de geadas. Verifica-se, através desta tabela, que os casos de ocorrência de geadas concentraram-se entre os meses de junho e julho, ocorrendo também alguns eventos isolados nos meses de abril, maio e agosto.

TABELA 1 – REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE GEADAS NO ESTADO DO PARANÁ (DATA E Tmin DO ABRIGO) DURANTE OS MESES DE ABRIL A AGOSTO DE 1998

ESTAÇÕES/PR	ABR/98	MAI/98	JUN/98	JUL/98	AGO/98
PALMAS	18*(5.7), 31*(4.8)	18*(5.7), 31*(4.8)	01*(5.0),02*(1.7),03*(5.2), 04*(5.6),05*(6.3),07*(6.4), 10*(6.7),18**(2.7), 20****(2.8),21*(6.0), 25**(1.0),26*(3.2),27*(4.1)	10*(2.4),11(4.0)	07*(5.0)
P. GROSSA			02*(04)		
LAPA			25**(5.0),26**(2.6)	10**(1.6)	
LONDRINA			26*(6.6)		
PALOTINA			25*(3.9)		
P. BRANCO			26**(4.0)	10*(2.2),14*(6.2)	
PINHAIS			25**(0.6)		
PLANALTO			25*(3.0)		
P. GROSSA			25**(1.6),26*(4.6)	*(3.0),11*(5.0),27*(5.2)	
QUEDAS DO IGUAÇU			25****(9.4),26****(5.0)		
TEIXEIRA SOARES			25****(1.3),26*(4.7)	10*(3.2),11*(3.8)	
TOTAL EVENTOS	2	2	13	5	1
*GEADAS FRACAS **GEADAS MODERADAS ***GEADAS FORTES					

O sistema operacional do MOS do SIMEPAR executa previsões de Tmin de 24, 48 e 72 horas para 30 localidades no Estado. Anteriormente os meteorologistas elaboravam previsão objetiva de Tmin para apenas 8 localidades no Estado. A figura 1 mostra a avaliação das previsões de Tmin do MOS

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

no período de abril a setembro de 1998. Pode-se observar que o MOS apresentou um erro aritmético (*bias*) pequeno (entre $-0,5$ e $0,5$) em praticamente todo o período de previsão. Apenas nos meses de abril e junho verificou-se erros médios próximos a 1C .

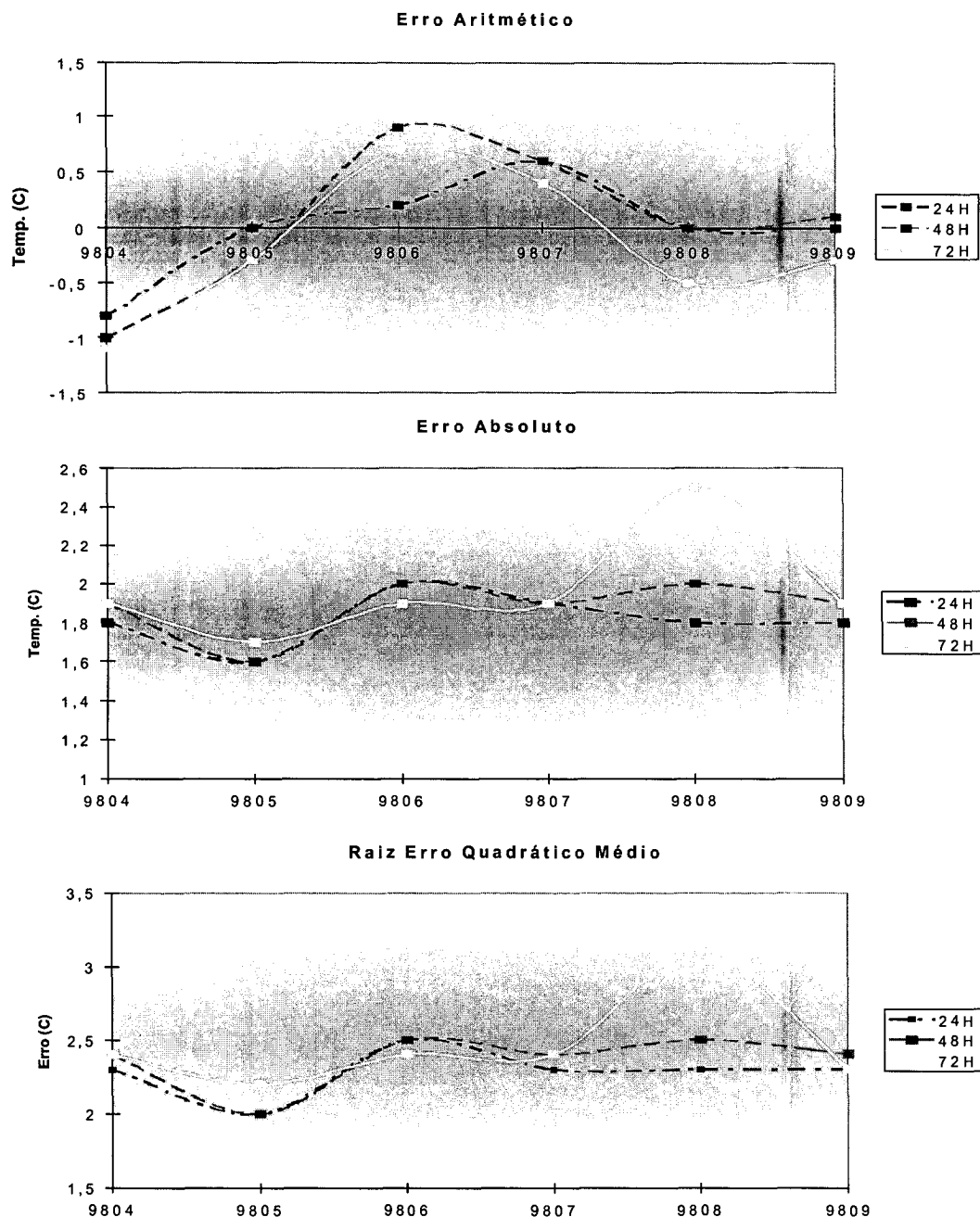


Fig. 1 – Erros aritmético (*bias*), absoluto (*ea*) e raiz do erro quadrático médio (*reqm*), médios mensais, das previsões do MOS no período de abril a setembro de 1998.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

Os erros absolutos (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*) também mostraram que o modelo, em média, executou boas previsões no inverno passado. O *ea* ficou abaixo de 2C, e o *reqm* abaixo de 2,5C. Outro resultado importante reside no fato dos erros não aumentarem significativamente com o decorrer das previsões. Apenas a previsão de 72 horas para o mês de agosto apresenta erros significativos, comparados com os demais.

A figura 2 mostra a diferença entre a previsão de 24 horas do MOS e as mínimas observadas no dia 26 de junho de 1998. Pode-se observar que, nas localidades onde ocorreram geadas, o modelo previu a T_{min} com até 2C de precisão. Além disso o modelo, em geral, detectou relativamente bem o resfriamento ocorrido. Apenas em algumas localidades no oeste e norte do Estado o MOS previu temperaturas bem acima do registrado.

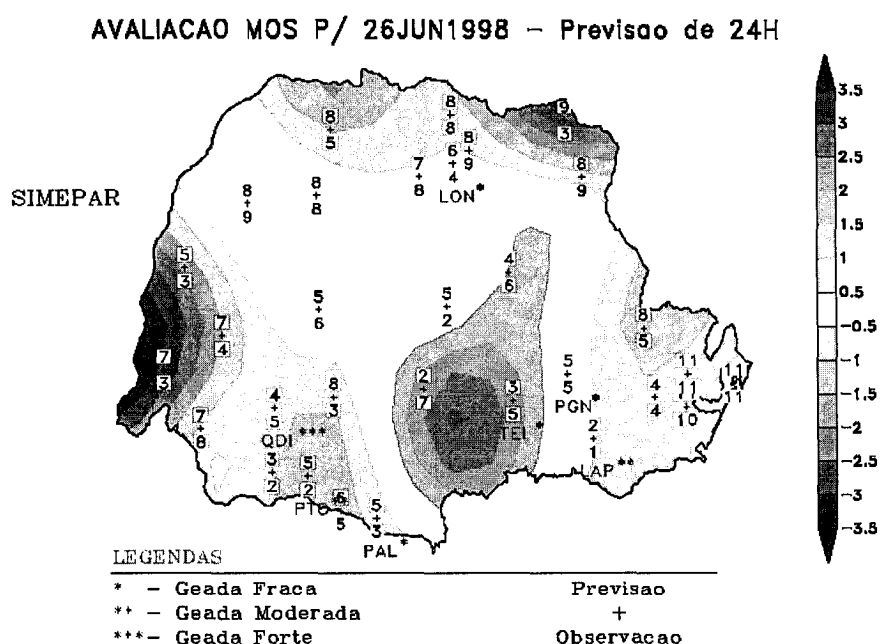


Fig. 2 – Avaliação da previsão de 24 horas do MOS, e registros de geadas ocorridas no dia 26 de junho de 1998.

Uma comparação entre os erros apresentados pelo MOS e pelos meteorologistas do SIMEPAR, para quatro localidades onde é realizada a previsão de T_{min} de 24 horas, é mostrada na tabela 2. Em geral, a magnitude dos erros é a mesma, com o MOS apresentando erros um pouco menores em Cascavel, Ponta Grossa e Londrina, e o contrário em Londrina. As principais diferenças podem ser verificadas nos *bias* das duas previsões. Enquanto em Londrina o MOS apresenta um *bias* negativo significativo (-2.0C), em Pato Branco o *bias* dos meteorologistas é elevado (-1.5C).

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

TABELA 2 – ERROS MÉDIOS ARITMÉTICO, ABSOLUTO E REQM DA PREVISÃO DO MOS E DOS METEOROLOGISTAS DO SIMEPAR ENTRE ABRIL E SETEMBRO DE 1998

ERROS 24 HORAS						
ESTACAO	BIAS		E. ABSOLUTO		REQM	
	MOS	MET	MOS	MET	MOS	MET
Cascavel	-0.2	-0.1	1.9	2.0	2.3	2.5
Londrina	-2.0	0.3	2.5	2.3	2.9	2.9
P. Grossa	-1.0	-1.8	2.0	2.8	2.4	3.4
P. Branco	0.5	-1.5	1.7	2.5	2.1	3.1

O MOS está em operação no SIMEPAR desde Abril de 1998. Atualmente ele executa previsões de Tmin de 24, 48 e 72 horas, em 30 localidades no Estado, para dois períodos do ano. No período de inverno, ele foi calculado com dados de abril a setembro dos dois últimos anos e para o verão, com dados de 10/97 a 03/98 (6 meses). Também são rodadas previsões de temperaturas máximas de 36, 60 e 84 horas para 37 localidades no Estado, calculadas com dados de 10/97 a 03/98, 10/98 a 12/98 (9 meses). A automação do sistema foi feita de forma que os coeficientes do MOS sejam recalculados ao final de cada estação (inverno/verão).

CONCLUSÕES

Conclui-se deste trabalho que, apesar de ser apenas um modelo experimental, o MOS vem se tornando uma ferramenta essencial para auxiliar os meteorologistas que trabalham nos centros operacionais de previsão numérica de tempo. Por sua vez, a operacionalização deste modelo facilitará tanto a previsão de fenômenos meteorológicos, como na avaliação dos resultados obtidos pelo MOS.

No entanto, alguns avanços futuros são necessários:

- Obter previsões pontuais de precipitação, nebulosidade, umidade relativa, etc;
- Calcular os coeficientes do MOS trimestralmente, a medida que aumentar a período de dados;

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

- Melhorar a qualidade das previsões com a utilização das saídas dos Modelos Regionais (ETA e RAMS) p/ obter MOS a curto prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DALLAVALLE J.P., BOWER J.B., DAGOSTARO V.J., MILLER D.T., AND SU J.C., 1992: Development of a new statistical weather forecast system. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada Toronto, p. 201-206.
- ESTERLE G.R., 1992: Adaptive, Self-learning statistical interpretation system for the Central Asian region. *Annales Geophysicae. An Geophysicae* 10. p.924-929.
- KIM, I. S.; QUADRO M. F. L.; MARENGO J A. 1998. Sobre Interpretação Estatística Da Saída Do Modelo Numérico. X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasília, 26-30 Outubro.
- VASILIEV, P.P. 1991, Medium-range air temperature and precipitation forecasting over Eurasia. *Meteorologia i Hidrologia*, N 2, p. 13-23.
- YACOWAR N., BOULAIS J., RICHARD G. AND VERRET R., 1992: Improvement of perfect prog produced probability of precipitation forecasts by selective tuning with information from others sources. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada, Toronto, p. 80-89.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

IMPLEMENTAÇÃO DO MOS PARA PREVISÃO DE TEMPERATURAS MÍNIMAS E AVALIAÇÃO DE SEU DESEMPENHO DURANTE O INVERNO DE 1998

Mário Francisco Leal de QUADRO¹, Nelson Luis DIAS²

RESUMO

Desde o inverno de 1998 o modelo Estatístico “Model Output Statistics”(MOS) vem sendo utilizado para previsão de temperaturas mínimas em determinadas localidades do Estado do Paraná. Neste ano foi desenvolvido uma rotina operacional que elabora a previsão e a avaliação dos erros automaticamente. Este trabalho apresenta uma descrição dos episódios de geadas ocorridos no Paraná no inverno de 1998, assim como o comportamento das previsões do MOS e dos meteorologistas do SIMEPAR.

INTRODUÇÃO

Há bastante tempo o MOS vem sendo aplicado na previsão do tempo em outros centros meteorológicos (Dallavalle et al. 1992; Yacowar et al., 1992; Esterle, 1992; Vasiliev, 1991). Este modelo é uma poderosa ferramenta para os meteorologistas, pois através dele pode-se prever uma infinita variedade de campos meteorológicos, e para qualquer localidade. Neste trabalho o MOS foi utilizado para o cálculo da temperatura mínima (Tmin) nas principais regiões produtoras do Paraná, durante o período de inverno de 1998. Ele foi desenvolvido através das saídas do modelo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/COLA) e dos dados observados de Tmin das estações do IAPAR.

Alguns parâmetros estatísticos foram utilizados para avaliar o comportamento médio das previsões do MOS, visando determinar a sua eficiência para previsão da Tmin em 30 localidades no Estado do Paraná. Ressalta-se que este modelo foi implementado no inverno passado no SIMEPAR em caráter experimental, pois foi utilizado apenas um período de seis meses como base de dados para o cálculo dos coeficientes do MOS. As previsões do MOS também são comparadas com as dos meteorologistas do SIMEPAR, mostrando que este modelo é uma boa ferramenta para os previsores.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: ndias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

A avaliação do comportamento do MOS para um evento de geada forte ocorrido em 26 de junho de 1998, mostra que o modelo também apresenta um bom desempenho, quando da ocorrência deste evento extremo. Finalmente, é apresentado o estado atual da implementação deste modelo estatístico de previsão de temperaturas extremas no SIMEPAR.

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de T_{min} (preditantes) do inverno 1997 (abril a setembro) utilizados foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Como preditores potenciais foram utilizadas as previsões do modelo (24, 48 e 72 horas) de circulação geral da atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA, no mesmo período das observações. Estas previsões, em ponto de grade, que possuem uma resolução horizontal de 1.875 x 1.875 graus de latitude/longitude (aproximadamente 200 Km), foram inicialmente interpoladas para as coordenadas das localidades onde se obteria a previsão. Kim et. Al (1998) demonstra os métodos estatísticos utilizados no cálculo do MOS. A figura 1 apresenta um diagrama do cálculo das previsões através do MOS.

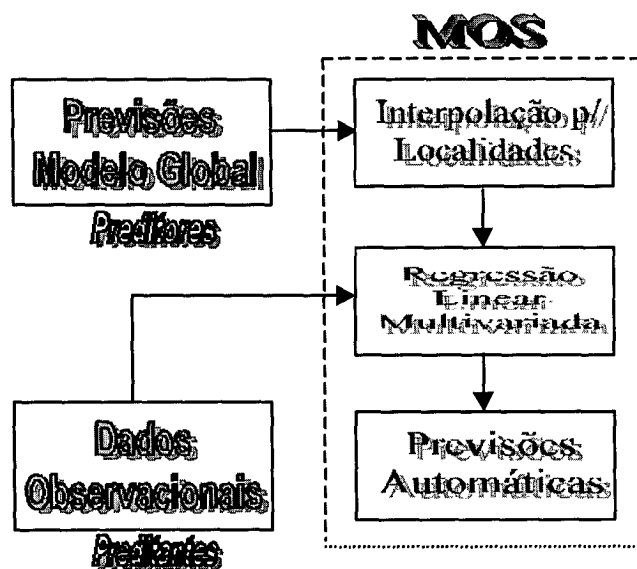


Fig. 1 - Diagrama esquemático da rotina de cálculo dos coeficientes de regressão do MOS.

A avaliação das previsões foi feita com utilização dos seguintes parâmetros estatísticos erro aritmético (*bias*), erro absoluto (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*), entre as previsões pontuais do MOS e as respectivas observações no período proposto (abril a setembro de 1998). Foi

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

elaborado também um estudo de um caso de ocorrência de geada forte no Paraná e o comportamento do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os meses mais frios (abril a setembro) de 1998, foram registrados a ocorrência de 23 eventos de geadas. Destes, três casos foram considerados fortes (20/06; 25/06; 26/06), 3 moderados (18/06; 25/06; 26/06) e 17 fracos. A tabela 1 contém as datas, localidades e temperaturas observadas nos episódios de geadas. Verifica-se, através desta tabela, que os casos de ocorrência de geadas concentraram-se entre os meses de junho e julho, ocorrendo também alguns eventos isolados nos meses de abril, maio e agosto.

TABELA 1 – REGISTROS DE OCORRÊNCIA DE GEADAS NO ESTADO DO PARANÁ (DATA E T_{min} DO ABRIGO) DURANTE OS MESES DE ABRIL A AGOSTO DE 1998

ESTAÇÕES/PR	ABR/98	MAI/98	JUN/98	JUL/98	AGO/98
PALMAS	18*(5.7), 31*(4.8)	18*(5.7), 31*(4.8)	01*(5.0),02*(1.7),03*(5.2), 04*(5.6),05*(6.3),07*(6.4), 10*(6.7),18**(2.7), 20*** (2.8),21*(6.0), 25**(1.0),26*(3.2),27*(4.1)	10*(2.4),11(4.0)	07*(5.0)
P. GROSSA			02*(04)		
LAPA			25**(5.0),26**(2.6)	10**(1.6)	
LONDRINA			26*(6.6)		
PALOTINA			25*(3.9)		
P. BRANCO			26**(4.0)	10*(2.2),14*(6.2)	
PINHAIS			25**(0.6)		
PLANALTO			25*(3.0)		
P. GROSSA			25**(1.6),26*(4.6)	*(3.0),11*(5.0),27*(5.2)	
QUEDAS DO IGUAÇU			25*** (9.4),26*** (5.0)		
TEIXEIRA SOARES			25*** (1.3),26*(4.7)	10*(3.2),11*(3.8)	
TOTAL EVENTOS	2	2	13	5	1
*GEADAS FRACAS **GEADAS MODERADAS ***GEADAS FORTES					

O sistema operacional do MOS do SIMEPAR executa previsões de T_{min} de 24, 48 e 72 horas para 30 localidades no Estado. Anteriormente os meteorologistas elaboravam previsão objetiva de T_{min} para apenas 8 localidades no Estado. A figura 1 mostra a avaliação das previsões de T_{min} do MOS

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

no período de abril a setembro de 1998. Pode-se observar que o MOS apresentou um erro aritmético (*bias*) pequeno (entre $-0,5$ e $0,5$) em praticamente todo o período de previsão. Apenas nos meses de abril e junho verificou-se erros médios próximos a 1C .

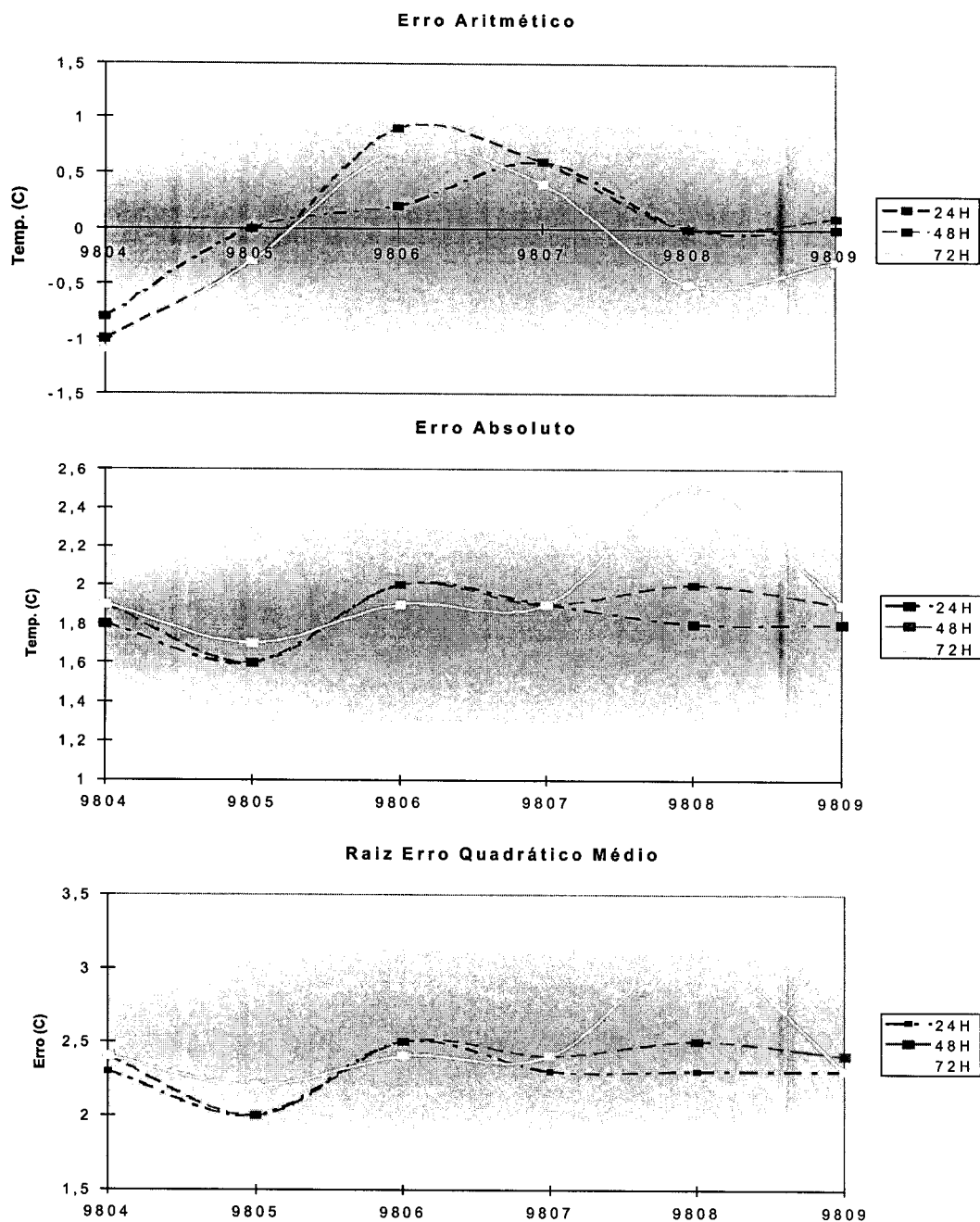


Fig. 1 – Erros aritmético (*bias*), absoluto (*ea*) e raiz do erro quadrático médio (*reqm*), médios mensais, das previsões do MOS no período de abril a setembro de 1998.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

Os erros absolutos (*ea*) e a raiz do erro quadrático médio (*reqm*) também mostraram que o modelo, em média, executou boas previsões no inverno passado. O *ea* ficou abaixo de 2C, e o *reqm* abaixo de 2,5C. Outro resultado importante reside no fato dos erros não aumentarem significativamente com o decorrer das previsões. Apenas a previsão de 72 horas para o mês de agosto apresenta erros significativos, comparados com os demais.

A figura 2 mostra a diferença entre a previsão de 24 horas do MOS e as mínimas observadas no dia 26 de junho de 1998. Pode-se observar que, nas localidades onde ocorreram geadas, o modelo previu a T_{min} com até 2C de precisão. Além disso o modelo, em geral, detectou relativamente bem o resfriamento ocorrido. Apenas em algumas localidades no oeste e norte do Estado o MOS previu temperaturas bem acima do registrado.

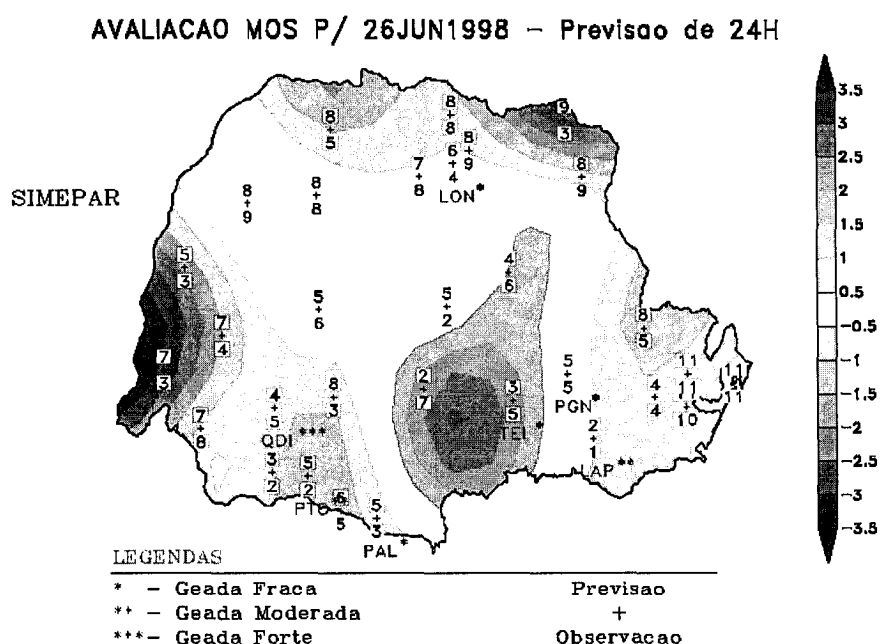


Fig. 2 – Avaliação da previsão de 24 horas do MOS, e registros de geadas ocorridas no dia 26 de junho de 1998.

Uma comparação entre os erros apresentados pelo MOS e pelos meteorologistas do SIMEPAR, para quatro localidades onde é realizada a previsão de T_{min} de 24 horas, é mostrada na tabela 2. Em geral, a magnitude dos erros é a mesma, com o MOS apresentando erros um pouco menores em Cascavel, Ponta Grossa e Londrina, e o contrário em Londrina. As principais diferenças podem ser verificadas nos *bias* das duas previsões. Enquanto em Londrina o MOS apresenta um *bias* negativo significativo (-2.0C), em Pato Branco o *bias* dos meteorologistas é elevado (-1.5C).

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

TABELA 2 – ERROS MÉDIOS ARITMÉTICO, ABSOLUTO E REQM DA PREVISÃO DO MOS E DOS METEOROLOGISTAS DO SIMEPAR ENTRE ABRIL E SETEMBRO DE 1998

ERROS 24 HORAS						
ESTACAO	BIAS		E. ABSOLUTO		REQM	
	MOS	MET	MOS	MET	MOS	MET
Cascavel	-0.2	-0.1	1.9	2.0	2.3	2.5
Londrina	-2.0	0.3	2.5	2.3	2.9	2.9
P. Grossa	-1.0	-1.8	2.0	2.8	2.4	3.4
P. Branco	0.5	-1.5	1.7	2.5	2.1	3.1

O MOS está em operação no SIMEPAR desde Abril de 1998. Atualmente ele executa previsões de T_{min} de 24, 48 e 72 horas, em 30 localidades no Estado, para dois períodos do ano. No período de inverno, ele foi calculado com dados de abril a setembro dos dois últimos anos e para o verão, com dados de 10/97 a 03/98 (6 meses). Também são rodadas previsões de temperaturas máximas de 36, 60 e 84 horas para 37 localidades no Estado, calculadas com dados de 10/97 a 03/98, 10/98 a 12/98 (9 meses). A automação do sistema foi feita de forma que os coeficientes do MOS sejam recalculados ao final de cada estação (inverno/verão).

CONCLUSÕES

Conclui-se deste trabalho que, apesar de ser apenas um modelo experimental, o MOS vem se tornando uma ferramenta essencial para auxiliar os meteorologistas que trabalham nos centros operacionais de previsão numérica de tempo. Por sua vez, a operacionalização deste modelo facilitará tanto a previsão de fenômenos meteorológicos, como na avaliação dos resultados obtidos pelo MOS.

No entanto, alguns avanços futuros são necessários:

- Obter previsões pontuais de precipitação, nebulosidade, umidade relativa, etc;
- Calcular os coeficientes do MOS trimestralmente, a medida que aumentar a período de dados;

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

- Melhorar a qualidade das previsões com a utilização das saídas dos Modelos Regionais (ETA e RAMS) p/ obter MOS a curto prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DALLAVALLE J.P., BOWER J.B., DAGOSTARO V.J., MILLER D.T., AND SU J.C., 1992: Development of a new statistical weather forecast system. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada Toronto, p. 201-206.
- ESTERLE G.R., 1992: Adaptive, Self-learning statistical interpretation system for the Central Asian region. *Annales Geophysicae. An Geophysicae* 10. p.924-929.
- KIM, I. S.; QUADRO M. F. L.; MARENGO J A. 1998. Sobre Interpretação Estatística Da Saída Do Modelo Numérico. X Congresso Brasileira de Meteorologia, Brasília, 26-30 Outubro.
- VASILIEV, P.P. 1991, Medium-range air temperature and precipitation forecasting over Eurasia. *Meteorologia i Hidrologia*, N 2, p. 13-23.
- YACOWAR N., BOULAIS J., RICHARD G. AND VERRET R., 1992: Improvement of perfect prog produced probability of precipitation forecasts by selective tuning with information from others sources. 12th conference on probability and statistics in the atmospheric sciences. June 22-26, Canada, Toronto, p. 80-89.

¹ Pesquisador Pleno, SIMEPAR - Sistema meteorológico do Paraná. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: mario@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

² Coordenador Técnico- Científico, SIMEPAR. Caixa Postal 318, CEP 800001-970 Curitiba PR Brasil. Email: nldias@simepar.br Tel 55-41-366-2020 Fax: 55-41-3662122

- ARYA, S. P. **Introduction to Micrometeorology**. Academic Press, New York, 307 p., 1988.
- CARLSON, M. A.; STULL, R. B. Subsidence in the nocturnal boundary layer. **J. Clim. Appl. Meteor.**, v.25, p. 1088-1099, 1986.
- CERNI, T. A.; PARISH, T. R. A radiative model of the stable nocturnal boundary layer with application to the polar night. **J. Clim. Appl. Meteor.**, v.23, p. 1563-1572, 1984.
- GARRAT, J. R.; BROST, R. A. Radiative cooling effects within and above the nocturnal boundary layer. **J. Atmos. Sci.**, v.38, p. 2730-2746, 1981.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J. SIPPEL; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Arch. Hydrobiol.**, v.137, p. 1-23, 1996.
- STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 665p. 1988.
- STULL, R. B. Integral scales for the nocturnal boundary layer. Part 1: empirical depth relationships. **J. Clim. Appl. Meteor.**, v.22, p. 673-686, 1983a.
- STULL, R. B. Integral scales for the nocturnal boundary layer. Part 2: heat budget, transport and energy implications. **J. Clim. Appl. Meteor.**, v.22, p. 1932-1941, 1983b.
- TURTON, J. D.; BROWN, R. A comparison of a numerical model of radiation fog with detailed observations. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v.113, p. 37-54, 1987.