

MODELOS ESTATÍSTICOS DE QUANTIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA AS PASSAGENS FRONTAIS NO RIO GRANDE DO SUL

por

Emma Giada Matschinski e Prakki Satyamurty

CPTEC - Instituto de Pesquisas Espaciais - S.J. Campos -
12.201 - SP

Resumo

Desenvolveram-se modelos estatísticos para a quantificação da precipitação associada às passagens de frentes no Rio Grande do Sul (RS) em termos de variáveis meteorológicas observadas nas estações de Rio de Janeiro e de Buenos Aires. As equações de regressão da precipitação de 24 horas, mediada sobre RS, em termos das observações do dia anterior explicam cerca de 65% da variância observada com um erro padrão da ordem de 7 mm. As verificações mostram que os episódios de intensa precipitação podem ser previstos satisfatoriamente com 24 horas de antecedência.

Abstract

Statistical models for the quantification of precipitation associated with frontal passages over Rio Grande do Sul (RS) in terms of the meteorological variables observed at Rio de Janeiro and Buenos Aires are developed. The regression equations for the 24 hour precipitation, averaged over RS, in terms of the observations of the previous day explain about 65% of the observed variance with a standard error of approximately 7 mm. It is verified that intense precipitation episodes can be satisfactorily predicted 24 hours in advance.

INTRODUÇÃO

A experiência do dia a dia mostra que uma grande parte da precipitação no Rio Grande do Sul (RS) é produzida nas passagens de sistemas frontais. A chuva no RS não apresenta grande sazonalidade (Ratisbona, 1976) embora exista um pico

pequeno na frequência de frentes frias de dezembro a fevereiro (Oliveira, 1986).

Ao se referir a um sistema frontal entende-se o conjunto de condições meteorológicas tais como contraste térmico, vorticidade ciclônica, contraste de umidade etc. através de uma escala espacial da ordem de 1000 km de largura. Os valores numéricos dessas condições variam de uma frente para a outra. Especialmente, a chuva associada às frentes varia muito tornando o problema de previsão quantitativa difícil. A precipitação depende essencialmente de convergência de umidade e da velocidade vertical; essas por sua vez dependem das características das duas massas de ar, a de ar frio e a de ar quente, que definem a frente. As variáveis são numerosas e a idéia é identificar as mais importantes que possam ser usadas como preditores da chuva.

VARIÁVEL PREVISTA E OS PREDITORES

A precipitação observada numa só estação varia muito de um sistema frontal para outro e portanto a média sobre uma região homogênea em precipitação é mais recomendável para a quantificação da chuva. Pode-se verificar através da Figura 1 que a precipitação no RS é bastante homogênea, isto é, a precipitação sazonal varia pouco sobre o Estado, desconsiderando a pequena região no nordeste do estado. A precipitação de 24 horas, média de 18 estações bem distribuídas no RS, é considerada a variável dependente, P , para a qual pretende-se desenvolver modelos de previsão.

Os preditores considerados são: 1. os componentes de vento, temperatura, temperatura do ponto do orvalho e altura geopotencial em 850, 700 e 500 hPa em Buenos Aires (BE) que representam a massa do ar frio e no Rio de Janeiro (RJ) que representam a massa do ar quente e 2. as diferenças na horizontal e na vertical dessas variáveis, para representar os contrastes horizontais térmicos e higrícos, a vorticidade, e as estabilidades estáticas das duas massas. Por exemplo, o contraste térmico horizontal é representado pela diferença de temperaturas em 850 hPa entre Rio de Janeiro e Buenos Aires, a estabilidade estática da massa de ar quente é representada pela diferença das temperaturas em 500 e 850 hPa no Rio de Janeiro, a vorticidade ciclônica na baixa troposfera é representada pela diferença nos componentes zonais do vento entre RJ e BE em 850 hPa e as demais variáveis relevantes ao sistema frontal são representadas similarmente. Ao todo 24 variáveis independentes designadas por X_i , $i=1,2,\dots,24$ são consideradas como preditores.

Para cada estação do ano e para o ano como um todo consideraram-se 4 conjuntos de dados: 1. (P^D, X_i^D) ; 2. (P^{D+1}, X_i^D) ; 3. (P^D, X_i^{D-1}) ; 4. (P^{D+1}, X_i^{D-1}) onde o índice D indica o dado obtido no dia em que a frente se localizava nas proximidades de Porto Alegre (30°S), D-1 indica o dia anterior e D+1 o dia posterior. Assim temos 20 conjuntos de dados.

As cartas sinóticas de superfície e do ar superior disponíveis no 8º Distrito Meteorológico do Departamento Nacional de Meteorologia em Porto Alegre foram examinadas durante 3 anos, 1987, 88 e 89 e todas as frentes que se situaram sobre o RS nas proximidades de 30°S foram selecionadas para obter os 20 conjuntos de dados. Ao todo são 150 casos com aproximadamente 35 ocorrendo em cada estação do ano.

MÉTODO ESTATÍSTICO

Obtem-se regressão múltipla ("forward regression") na maneira descrita por Draper e Smith (1966). Essa consiste em ajustar primeiramente uma reta de regressão linear, do tipo $P = a + bX_1$, entre P e a variável X_1 que fornece o menor erro padrão entre a reta e as observações. Em seguida obtem-se a regressão múltipla do tipo $P = a + bX_1 + cX_2$ no qual X_2 é aquela variável que fornece o menor erro padrão. Continua-se o processo até que o erro padrão não diminua apreciavelmente em valor com a adição de um novo preditor. Assim determina-se a equação ou modelo estatístico para a precipitação P. Esta determinação é feita para cada um dos 20 conjuntos.

RESULTADOS

As regressões múltiplas de P^{D+1} em X_i^{D-1} explicam uma variância inferior a 25% nas estações individuais e para o ano como um todo apenas 6%, indicando a impossibilidade de prever chuva no RS com 48 horas de antecedência com os dados de RJ e BE. Para o ano como um todo as regressões múltiplas de P^{D+1} em X^D e de P^D em X^{D-1} envolvem 7 variáveis, a variância explicada não ultrapassa 37% e o erro padrão gira em torno de 9 mm, enquanto as regressões obtidas para cada estação, na maioria dos casos, ficaram em torno de 65% com erros padrões espalhados em torno de 7 mm. Logo podemos concluir que os processos de precipitação associada às passagens de frentes no RS são diferentes em diferentes estações.

As equações de regressão obtidas nos casos em que a variância explicada foi superior a 49% são dadas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Modelos estatísticos para a precipitação média em termos de variáveis meteorológicas em Buenos Aires (sufixo B) e Rio de Janeiro (sufixo R). u, v = componentes zonal e meridional de vento em m/s; T = temperatura em C; T_d = temperatura do ponto de orvalho em C; Z = altura geopotencial em m. Sufixos 8,7 e 5 indicam níveis de 850, 700 e 500 hPa. N = tamanho de amostra. V = variância explicada. E = erro padrão do modelo em mm de chuva.

P e X estação	N	Equação de regressão (modelo)	V	E
P^D e X^D				
verão	33	$33,6 + 0,72v_{R,7} + 0,33u_{B,8} + 1,16(T_{R,8} - T_{B,8}) - 0,15(T_{dR,7} - T_{dB,7}) - 0,08(Z_{R,5} - Z_{R,8} - 4000)$	64	5,0
primavera	43	$-40,6 + 0,26u_{B,8} + 1,07(T_{R,8} - T_{B,8}) + 0,24(T_{dR,7} - T_{dB,7}) + 1,44(T_{B,8} - T_{B,5}) - 0,5v_{B,5}$	49	8,7
P^{D+1} e X^D				
verão	33	$9,1 + 0,5u_{B,8} - 0,99u_{B,7} + 0,55u_{B,5} - 0,3(T_{dR,8} - T_{dB,8})$	53	5,4
outono	37	$7,5 + 0,47u_{R,8} - 0,26u_{R,7} + 0,16u_{B,5} + 0,88v_{B,8} - 0,62v_{B,5} - 0,71(T_{R,8} - T_{B,8})$	67	5,1
inverno	37	$2,6 - 0,56u_{B,7} + 0,36v_{B,7} - 0,65v_{B,5} + 1,37(T_{R,5} - T_{B,5}) - 0,47(T_{dR,5} - T_{dB,5}) + 0,06(Z_{B,5} - Z_{B,8} - 4000)$	56	8,3
primavera	43	$8,95 + 0,36u_{B,8} - 0,19(T_{dR,5} - T_{dB,5}) - 0,34v_{B,5}$	49	5,5
P^D e X^{D-1}				
verão	33	$-29,9 + 0,98u_{R,7} + 1,14v_{R,7} + 0,58u_{B,8} - 0,44v_{B,5} + 1,5(T_{R,8} - T_{R,5})$	66	4,9
outono	38	$12,3 + 1,09u_{R,7} + 0,88u_{R,5} - 1,11u_{B,8} - 0,49u_{B,7} - 0,23(T_{dR,7} - T_{dB,7}) + 0,57u_{B,5} - 0,82v_{B,5}$	71	7,7
primavera	41	$-46,8 - 0,88u_{B,8} - 0,13(T_{dR,7} - T_{dB,7}) + 0,54u_{B,7} + 2,26(T_{R,8} - T_{R,5}) - 0,74v_{B,7} - 0,33v_{B,5}$	67	7,9

Pode-se ver nesta tabela que os modelos para a precipitação nas 24 horas precedentes do dia em que a frente localiza-se nas proximidades de 30°S , p^D , em termos de variáveis meteorológicas observadas no dia anterior, x^{D-1} , para as estações do ano verão outono e primavera explicam mais de dois terços da variância observada com um erro padrão da ordem de 8 mm. Os modelos para a precipitação nas 24 horas subsequentes, p^{D+1} , em termos de variáveis do dia em que a frente se localiza sobre RS para todas as estações explicam cerca de 50% da variância. Esses modelos apresentam potencialidades para a sua utilização operacional na previsão diária da precipitação quantitativa no Estado de RS.

É interessante salientar que o vento (componentes u e v) no nível de 500 hPa em Buenos Aires é uma variável muito importante para a determinação quantitativa de chuva no RS. O vento em BE de norte-nordeste em 500 hPa e de oeste em 850 hPa propicia chuvas no RS.

A Tabela 2 mostra as verificações de alguns modelos. É fácil notar que os episódios de chuvas superiores a 20 mm e inferiores a 10 mm são bem distinguidas pelos modelos.

Tabela 2 : Verificações das fórmulas (vide Tabela 1) de regressão para chuva associada as passagens de frentes. (Valores negativos de chuva devem ser entendidos como nulos)

Fórmula	Data	Precipitação (mm)	
		observado	previsto
Fórmula 7	10. 3.86	30,3	21,6
	17. 3.86	27,2	23,9
	11. 1.86	0,0	1,6
	28. 2.88	1,3	3,8
Fórmula 3	11. 3.86	4,4	6,6
	18. 3.86	14,8	10,6
	12. 1.86	14,3	16,6
	29. 2.88	1,4	8,4
Fórmula 8	12. 4.86	26,8	20,1
	25. 4.86	4,6	6,2
	31. 3.86	45,5	40,0
Fórmula 9	15. 5.88	0,0	-3,2
	3.10.86	0,9	2,4
	30.10.86	29,5	31,9
	11.10.87	33,7	26,4
	25.11.88	0,1	-7,8

Fig. 1. Distribuição espacial e sazonal da chuva no Rio Grande do Sul. (Note que grande parte do Estado recebe chuva sazonal entre 300 e 450 mm excet o nordeste do Estado)

CONCLUSÕES

As fórmulas de regressão, dadas na Tabela 1, para a precipitação média, associada as passagens de sistemas frontais sobre o Estado de Rio Grande do Sul em termos de variáveis meteorológicas observadas no Rio de Janeiro e Buenos Aires podem ser usadas operacionalmente na previsão do dia a dia de 24 horas. Estas fórmulas podem ser aprimoradas incluindo variáveis das estações de Campo Grande, Porto Alegre e Curitiba.

Agradecimentos:

Os autores agradecem o Sr. Júlio César Santos Chagas e Srta. Adriana Coelho Fonseca pela revisão do texto.

Bibliografia:

- Draper, N.R. ; Smith, H.; 1966: Applied regression analysis, John Wiley & Sons, New York, 407 pp.
- Ratisbona, L.R.; 1976: The Climate of Brazil. In: Schwerdtfeger, W. ed. World survey of Climatology, Madison, Elsevier Scientific, v. 12, 219-293.
- Oliveira, A.S.; 1986: Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção na Amazônia, INPE-4008-TDL/239.

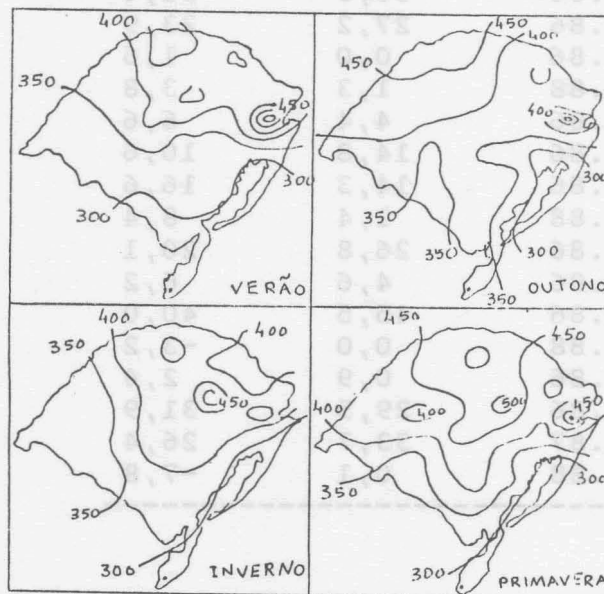


Fig. 1 Distribuição espacial e sazonal da chuva no Rio Grande do Sul. (Note que grande parte do Estado recebe chuva sazonal entre 300 e 450 mm excet o nordeste do Estado)