

RELAÇÕES ENTRE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO BRASIL

Joana Madruga⁽¹⁾, Vladamudi Brahmananda Rao⁽²⁾ e Kioshi Hada⁽²⁾
Insituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Abstract

This study describes seasonal average precipitation-temperature relations. The period date used is 1962-1992. These relations were analyzed using lags 1, 2 and 3 seasons between these variables and the possibility to use them to estimate the seasonal average temperature of the future season. The moisture soil date to the same period were gotten trough model of water balance using the Uruguay and Atlantic South (southeast part) Basin. The best results were gotten between the summer precipitation-autumn temperature correlation. The temperature-temperature correlation showed positives values for all seasons. The forecast to autumn temperature using summer data was obtained trough simple and multiple linear regression models. The forecast was made only to areas of model of water balance and followed that the precipitation and moisture soil doesn't affect the forecast except in some cities.

1. Introdução

O clima é definido em termos dos valores das variáveis climáticas, e as principais são a temperatura e a precipitação. As suas anomalias causam grandes impactos à sociedade, à economia e ao meio ambiente, e estes podem variar desde secas até enchentes. Portanto, a previsão destas anomalias pode auxiliar a sociedade a prevenir-se contra possíveis danos. Devido à possibilidade da temperatura do ar e a precipitação estarem relacionadas a outras variáveis, e suas variações alterarem as atividades humanas, muitos pesquisadores têm investigado a sua previsibilidade e suas variações.

A partir dos cálculos dos coeficientes de correlação linear entre as variações anuais de chuvas no Brasil e o Índice de Oscilação Sul (IOS), para o período de 1958 a 1978, Rao e Hada (1990) concluíram que a correlação entre as chuvas anuais do sul do Brasil e o IOS possui valores negativos e significativos. Os maiores valores de correlação são entre as chuvas de primavera e o IOS da mesma estação e da estação antecedente. Rao e Hada (1994) utilizaram um modelo de regressão linear simples para verificar a possibilidade de prever as chuvas de primavera usando o IOS de inverno como previsor. Usando o período de dados entre 1935-1985, concluíram que os melhores resultados são encontrados quando se utilizam 11 anos antecedentes de dados de IOS para a previsão de precipitação.

Huang e Dool (1993) observaram que para os Estados Unidos, a correlação temporal entre a precipitação e a temperatura média mensal é geralmente negativa, com valores mais significativos para o interior do continente e as correlações entre as temperaturas encontradas foram positivas e significativas. Desta forma, os autores concluíram que a precipitação de um mês antecedente não influencia a previsão da temperatura de um mês posterior. Com a finalidade de verificar a sensibilidade dos modelos climáticos à umidade do solo em diversas situações, bem como melhorar as simulações climáticas utilizando a umidade do solo real, Huang et al. (1996) concluíram que, tanto as anomalias, quanto a climatologia de precipitação e de temperatura, foram sensíveis às anomalias/climatologia da umidade do solo em meses quentes, devido às mudanças do fluxo de calor à superfície e a convergência de umidade nas estações quentes do ano.

Na tentativa de auxiliar as previsões de temperatura, têm-se os seguintes objetivos: (a) a partir do cálculo de correlações, analisar as relações existentes entre a anomalia de temperatura e de precipitação sazonal, assim como a distribuição geográfica destas relações; (b) verificar a possibilidade de prever valores de temperatura média sazonal, utilizando valores de temperatura e/ou precipitação média sazonal de estações anteriores, através de modelos de regressão linear simples e múltipla; (c)

(1) The Weather Channel

(2) Insstituto Nacional de Pesquisas Espaciais

verificar se a utilização de dados médios sazonais de umidade do solo pode auxiliar nas previsões de temperatura média sazonal.

2. Metodologia

Os dados originais existentes para 300 estações brasileiras são provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para este estudo foram selecionados dados de temperatura e precipitação mensal para um período de 1961 a 1992, e estes abrangem 107 estações brasileiras. Devido à existência de falhas nas séries de dados, fato que impossibilita executar o modelo de balanço hídrico necessário para a obtenção dos dados de umidade do solo, estas foram preenchidas com médias climatológicas de cada estação, para cada mês. Foram mantidas estações que possuem mais que 70% de anos de dados, neste caso um número ≥ 22 anos. Após a correção, 18 estações foram desconsideradas, restando então 89 estações com 22 a 32 anos de dados.

2.1 Análise dos dados

Todas as fórmulas referem-se à precipitação, mas expressões similares são utilizadas para a temperatura e para a umidade do solo. Para obter os valores médios sazonais de temperatura e precipitação, foi feita a média sazonal a partir dos dados mensais. Considerou-se verão (dezembro, janeiro, fevereiro), outono (março, abril, maio), inverno (junho, julho, agosto) e primavera (setembro, outubro, novembro). A média sazonal é definida por:

$$P(e, t, a) = \frac{1}{nk} \sum_{nk=1}^3 P(e, m, a) \quad (1)$$

Onde nk é o número de meses; $P(e, t, a)$ é a precipitação média sazonal de uma estação e , trimestre t e ano a ; $P(e, m, a)$ é a precipitação mensal de uma estação e , mês m e ano a .

Em seguida foi calculada a média temporal $\bar{P}(e, t)$ e o desvio padrão $DP(e, t)$ para uma estação e , trimestre t , através das seguintes equações 2 e 3, respectivamente:

$$\bar{P}(e, t) = \frac{1}{N} \sum_{N=1}^{32} P(e, t, a) \quad (2)$$

$$DP(e, t) = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{N=1}^{32} (P(e, t, a) - \bar{P}(e, t))^2} \quad (3)$$

Sendo N o número de anos.

A precipitação sazonal padronizada $\hat{P}(e, t, a)$ para uma estação e , trimestre t e ano a é calculada por:

$$\hat{P}(e, t, a) = (P(e, t, a) - \bar{P}(e, t)) / DP(e, t) \quad (4)$$

2.2 Correlação temporal e de padrão

Todos os cálculos foram efetuados considerando-se uma defasagem τ no tempo de 0 a 3 meses, exceto para as autocorrelações, cuja defasagem aplicada foi de 1 a 3 meses. Foram considerados estatisticamente significativos os valores de correlações fora do intervalo $\pm 0,23$, para um nível de 90% de significância. Para isto aplicou-se o teste T-Student's. A variação sazonal da anomalias em todo território brasileiro pode ser obtida através do cálculo da correlação de padrão dada por:

$$CP(t, \tau) = \frac{1}{ne} \frac{1}{N-1} \sum_{ne=1}^{89} \sum_{N=1}^{32} \hat{P}(e, t, a) \hat{T}(e, t + \tau, a) \quad (5)$$

Onde ne é o número de estações; $\hat{T}(e, t + \tau, a)$ é a temperatura sazonal padronizada de uma estação e , trimestre defasado $t + \tau$ e ano a ; $CP(t, \tau)$ é a correlação de padrão de um trimestre t e com uma defasagem τ .

A distribuição geográfica da correlações existentes entre temperatura e precipitação e obtida pela correlação temporal, cuja equação é:

$$CT(e, t, \tau) = \frac{1}{N} \sum_{N=1}^{32} \hat{P}(e, t, a) \hat{T}(e, t + \tau, a) \quad (6)$$

Onde $CT(t, \tau)$ é a correlação temporal de uma estação e , trimestre t e defasagem τ .

2.3 Descrição do modelo

Os dados de umidade do solo utilizados foram obtidos a partir do modelo de balanço hídrico de Vörösmarty et al. (1989) cedido por Espírito santo, (1997). Considerou-se neste trabalho, as Bacias do Uruguai e do Atlântico Sul (trecho sudeste), por abranger o maior número de estações.

2.4 Previsão de temperatura

Devido a não estacionaridade dos dados, as previsões foram efetuadas para o período de 1977 a 1991, considerando a temperatura e a precipitação de 5 até 15 anos antecedentes. O cálculo e a verificação da qualidade de previsão foram baseados no trabalho de Rao et al. (1997). A previsão é feita para as áreas de abrangência do modelo, dada a necessidade de se conhecer qual variável é a melhor previsora de temperatura. A regressão linear simples é usada quando a precipitação ou a temperatura média sazonal são as variáveis predictoras, e a regressão linear múltipla quando as duas variáveis são predictoras simultaneamente. Os coeficientes da reta foram calculados através dos métodos dos mínimos quadrados. A verificação da previsão é feita através do cálculo do erro quadrático médio (EQM), da tendência (BIAS) e do erro absoluto (EABS), cujas equações são:

$$BIAS = \sum_{a=1977}^{1991} \left\{ \frac{(T_p - T_o)}{15} \right\} \quad (7)$$

$$EABS = \sum_{a=1977}^{1991} \left\{ \frac{|T_p - T_o|}{15} \right\} \quad (8)$$

$$EQM = \sum_{a=1977}^{1991} \left\{ \frac{(T_p - T_o)^2}{15} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Onde T_o é a temperatura média observada para uma estação do ano; e T_p é a temperatura média prevista para a estação seguinte.

3. Resultados

A correlação de padrão P-T (correlação entre a precipitação da atual estação do ano e a temperatura da estação futura) é pequena e sempre negativa, bem como a correlação T-P (correlação entre a temperatura da atual estação do ano e a precipitação da estação futura) também não apresenta valores significativos, mostrando de forma geral que, no Brasil, não é viável prever a temperatura sazonal (precipitação) utilizando a precipitação (temperatura) da estação precedente como predictor. Entre a temperatura da atual estação do ano e a temperatura da estação futura (T-T), os valores de correlação diminuem conforme o aumento da defasagem; mas com valores sempre altos no verão, mostrando a existência de uma persistência de temperatura, e indicando a possibilidade de se utilizar a temperatura como predictor da temperatura. Mostra também, que se houver temperaturas mais elevadas do que o normal no verão, todas as estações do ano serão mais quentes. A correlação P-P (correlação entre a precipitação da atual estação do ano e a precipitação da estação futura) apresenta valores muito pequenos em todas as defasagens. As figuras 1a, 1b e 1c mostram a correlação de padrão para as defasagens 1, 2 e 3, respectivamente, considerando todo o Brasil.

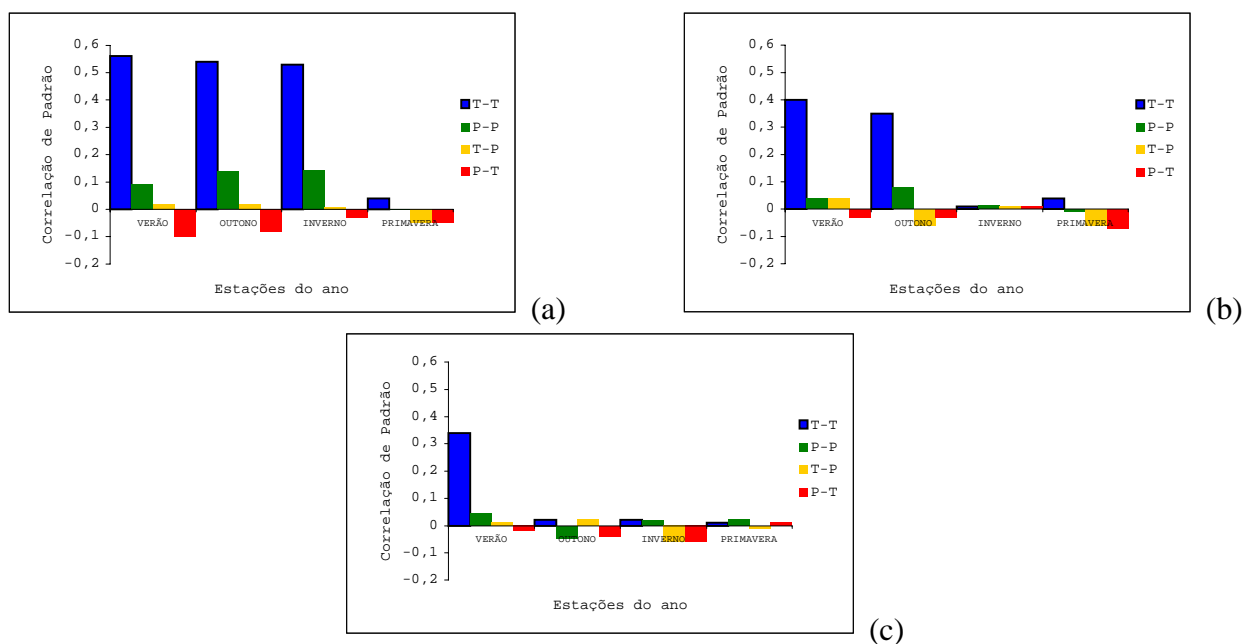


Figure 1 - Correlação de padrão, para todo o Brasil, para as seguintes defasagens: (a) um trimestre; (b) dois trimestres; (c) três trimestres.

Observa-se que em grande parte do Brasil, as correlações temporais entre a precipitação de uma estação do ano e a temperatura de uma futura estação do ano são negativas, indicando que quanto mais seca (chuvosa) for uma estação, mais quente (fria) será a próxima estação. Os valores mais significativos foram encontrados quando se correlaciona a precipitação de verão com a temperatura de outono. A tabela 1 podem ser vistos alguns valores significativos encontrados. As correlações entre as temperaturas atual e futura apresentam valores altos e negativos em grande parte do país.

TABELA 1 – LOCALIDADES COM VALORES MAIS SIGNIFICATIVOS DAS CORRELAÇÕES TEMPORAIS ENTRE PRECIPITAÇÃO DE VERÃO E A TEMPERATURA DE OUTONO.

LOCALIDADES	ESTADOS	VALORES DE P-T
Londrina	PR	-0.47
Guáira	PR	-0.57
Angra dos Reis	RJ	-0.52
Santa Maria	RS	-0.43

As correlações temporais entre a umidade do solo no verão e a temperatura no outono foram as que apresentaram melhores valores. Se o verão for úmido (seco) o outono será frio (quente).

Os melhores resultados foram obtidos utilizando-se como previsores a umidade do solo-temperatura (UT-T), precipitação-temperatura (PT-T) e temperatura (T-T) da estação do ano anterior. Estes resultados foram similares entre si, indicando que na maioria das localidades, nem a umidade nem a precipitação influenciam na previsão de temperatura. Estes resultados foram similares aos encontrados por Huang e Dool (1993). O melhor período de previsão para a região considerada é 15 anos. Através das tabelas 2 e 3 pode-se ter uma melhor visualização dos resultados comentados acima para 3 localidades do Rio Grande do Sul.

TABELA 2 – VALORES DO EQM ($^{\circ}\text{C}$) QUANDO UTILIZA-SE A TEMPERATURA (T-T), A PRECIPITAÇÃO (P-T) E A UMIDADE DO SOLO DE VERÃO (U-T) PARA PREVER A TEMPERATURA DE OUTONO, E O MELHOR PERÍODO PARA T-T, P-T E U-T

LOCALIDADES	PERÍODO	T-T	P-T	U-T
Iraí	15/14/5	0.85	3.30	3.18
Torres	15/10/5	1.20	2.99	2.80
Passo Fundo	15/10/15	2.31	2.70	3.04

TABELA 3 – VALORES DO EQM (°C) QUANDO UTILIZA-SE A PRECIPITAÇÃO-TEMPERATURA (PT-T) E A UMIDADE DO SOLO-TEMPERATURA DE VERÃO (UT-T) PARA PREVER A TEMPERATURA DE OUTONO, E O MELHOR PERÍODO PARA PT-T E UT-T

LOCALIDADES	PERÍODO	PT-T	UT-T
Iraí	14/14	0.90	0.86
Torres	15/15	1.33	1.26
Passo Fundo	15/10	2.10	2.35

4. Conclusões

Após todas análises conclui-se que : (a) na região Sudeste e norte da região Sul (que abrangem a maioria dos locais estudados), o verão é a estação do ano mais chuvosa, pois esta é a estação que, devido a radiação solar incidente, causa maior impacto nas anomalias de umidade do solo, influenciando na evaporação e, conseqüentemente, nos fluxos de calor sensível e latente. Obteve-se os melhores valores de correlações entre a precipitação de verão e a temperatura de outono nestas regiões; (b) em algumas localidades, onde faz-se necessário prever com confiabilidade a temperatura, como nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, a precipitação não é uma boa variável para a previsão da temperatura, já que não existe relações entre elas; (c) há uma persistência de temperatura no Brasil, devido aos altos valores de correlação T-T encontrados, principalmente nas regiões mais úmidas como a Amazônia e aquelas próximas ao Pantanal; (d) há correlação bastante satisfatória entre a umidade do solo e a temperatura em algumas localidades, contrastando com outras localidades onde não se observa correlação significativa; (e) os resultados das previsões utilizando a precipitação-temperatura ou a umidade do solo-temperatura como variáveis predictoras são similares entre si. Quando se utiliza somente a temperatura como predictor, os resultados são semelhantes aos citados acima. Em algumas localidades os resultados da previsão utilizando duas variáveis predictoras simultaneamente não foram satisfatórios, indicando que a umidade do solo e a precipitação não influenciam na previsão de temperatura da estação do ano precedente.

5. Referências Bibliográficas

- Espírito Santo, C.M. Modelo de balanço hídrico. São José dos Campos, INPE, set., 1997. Comunicação pessoal.
- Rao, V.B.; Hada, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, 42, 81-91, 1990.
- Rao, V.B.; Hada, K. An experiment with linear regression in forecasting os apring rainfall over south of Brazil. *Atmósfera*, 7, 83-87, 1994.
- Huang, J.; Van den Dool, H.M. Monthly precipitation-temperature relations and temperature prediction over United states. *Journal of Climate*, 6, 1111-1132, Jun. 1993.
- Huang, J. et al. Improvements to model climate simulations using prescribe soil moisture, s.l., Apr. 1996.