

ESTRUTURA DA PRECIPITAÇÃO DE SÃO PAULO

Jonas T. Nery e Maria de L.O.F. Martins
Departamento de Física - UEM, Area de Meteorologia, Maringá - PR

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico da precipitação diária, total mensal e anual do Estado de São Paulo. Para tanto trabalhou-se com 45 estações, no período de 1948 a 1988. Estes dados foram cedidos pelo DAEE - SP. Diversos parâmetros estatísticos foram utilizados para estudar a estrutura das séries de precipitações deste Estado. Através da média e da Análise de Fourier foi possível detectar processos determinísticos bem marcados nestas séries. Foram utilizados, também, diferentes filtros e feita a classificação do melhor filtro utilizado: A persistência das séries foram analisadas utilizando a função de autocorrelação.

INTRODUÇÃO

Alguns casos de anomalias de precipitação tem sido estudado, principalmente na região Sul e no Nordeste do Brasil devido ao fenômeno Oscilação Sul - El Niño. Isto evidencia a necessidade do entendimento da circulação atmosférica, para melhor entender os processos que atuam nesta região.

Kousky e Cavalcanti (1984), concluíram que, durante o período de El Niño de 1982 - 1983 (fase negativa da Oscilação Sul) uma corrente de jato subtropical bem marcada sobre a América do Sul e a Oeste do Oceano Pacífico Sul juntamente com várias situações de bloqueio em latitudes médias favoreceram o ingresso de sistemas frontais ativos no Sul do Brasil. Isto explica a precipitação observada nesta região.

São Paulo, sendo o Estado mais próximo do Sul do Brasil, está influenciado diretamente pela maioria dos fenômenos que ocorrem nesta região.

As perdas econômicas ocasionadas por flutuações do clima, são consideráveis: o ano de 1982 - 1983 é um exemplo clássico destas perdas.

São Paulo é o Estado do Brasil responsável por 65% da produção nacional. Tem um parque industrial de 115 mil indústrias, consome mais da metade da energia gerada no país. É, também, o principal produtor agrícola. Esta região sofre muito com as oscilações do clima. No caso de seca, nota-se grandes problemas sociais além de problemas energéticos e de perdas na produção agrícola.

O objetivo deste trabalho é investigar as precipitações de S. Paulo, buscando diagnosticar alguns processos para, futuramente ser utilizados como "ferramentas" para previsões, minimizando com isto os problemas advindos, principalmente, dos extremos de precipitação desta região.

METODOLOGIA

Foram utilizados as estatísticas básicas, tais como média, desvio padrão, correlação linear, para explorar as séries, num primeiro momento.

ANÁLISE DE FOURIER

Após este estudo prévio utilizou-se Análise de Fourier, para detectar em que harmônico estava a maior variância explicada (o sinal mais importante da série).

A formulação desta metodologia é que segue:

Uma das aplicações mais importantes das técnicas analíticas desenvolvidas por Fourier é representar uma função por uma soma de funções periódicas.

Na análise de Fourier as funções periódicas usadas são senos e cossenos. Consideremos uma função discreta. Podemos supor que deriva de uma função contínua $S(t)$ de duração T , tomando uma mostra de valores espaçados em Δ . Toma-se $N = T/\Delta$ sendo $SR = S(t = r\Delta)$. Por conveniência supõe-se que N é par e igual a $2n$.

Seja a série finita de Fourier:

$$S(t) = A_0 + 2\sum[A_m \cos(2\pi mft) + B_m \sin(2\pi mft)] + A_n \cos(2\pi nft)$$

$f=1/N$ frequência fundamental da função $S(t)$ e corresponde a um período igual a longitude maior da função. $S(t)$ tem N constantes, a A_m e B_m que podem ser determinadas, pois $S(t) = SR$ nos pontos $t = r\Delta$. Para cada $t = r\Delta$ tem-se uma equação, ou seja temos um conjunto de N equações com N incógnitas.

As expressões finais, Jenkins et alii (1968) para os coeficientes A_m e B_m , levando-se em conta que as funções seno e cosseno são ortogonais são:

$$A_m = (1/N) \sum SR \cos[(2\pi mr)/N] \quad m = 0, 1, \dots, n$$

$$B_m = (1/N) \sum SR \sin [(2\pi mr)/N]$$

A_0 é a média dos SR . Se N é ímpar o termo A_n desaparece.

A análise de Fourier aplicado a uma série permite conhecer que parte da variância explica cada um dos harmônicos que a compõe. Para isto leva-se em conta o teorema de Parseval, Jenkins et alii (1968) que expressa:

$$\sigma^2 = (1/N) \sum (SR - R_0)^2 = 2\sum(R_m^2 + R_n^2)$$

onde R_m é a amplitude do m -ésimo harmônico.

A partir da expressão anterior a variância explicada por cada harmônico pode ser expressa como: $\sigma_{\text{expm}} = (2R_m^2)/\sigma$, sendo σ_{expm} a variância explicada pelo m -ésimo harmônico σ da variância total da série.

De todas as ondas periódicas encontradas pelo método de Fourier algumas podem ser significativamente reais e outras podem representar "ruído". É importante, então, testar seu grau de significância com algum nível estatístico de probabilidade. Para isto pode-se aplicar o teste de significância para amplitudes de cada harmônico, Brooks et alii (1953).

FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO

Uma observação meteorológica comumente não é independente das condições precedentes, ainda que a dependencia decresce a medida que o intervalo de tempo entre eventos sucessivos aumenta, Brooks e Carruthers (1953). Esta tendencia dos valores sucessivos da série de "recordar" seus valores precedentes e a ser influenciados por estes denomina-se persistencia. Uma das formas de obter a evidencia de persistencia de uma variável é obter a estimação inicial do processo mediante a função de autocorrelação:

$$r(l) = \{[\sum(X(i)-X_m)(X(i+1)-X_m)]/(N-1)S^2\}$$

onde l é o deslocamento temporal (lags); N é o número total dos dados da série X_m é o valor médio da variável e S^2 é a variância.

RESULTADOS

Numa primeira análise, utilizando as médias e os desvios observa-se uma onda anual muito bem definida em todas as séries utilizadas, com máximos no verão e

mínimos no inverno. Esta onda aparece em cada ano estudado separadamente e no período analisado(1940-1988).

O estudo foi feito utilizando a média e o desvio de cada mes, para cada série (foram analisadas 45 séries de precipitações).

A correlação linear entre as séries foram realizadas obtendo-se uma coerencia espacial entre todas as estações, para as series totais anuais. Para o período de inverno (6 meses: de abril a setembro) e para o período de verão (6 meses: outubro a março), há uma maior coerencia no período de inverno. Tal coerencia, correlações mais significativas, neste período, deve-se a uma maior organização das precipitações devidos a presença sistemática de massas polares. As frentes frias provocam chuvas mais homogeneas que os sistemas convectivos, mais intensos no verão.

As isolineas de precipitação mostram o litoral paulista com maior precipitação (presença do litoral) e a região nordeste, Campos do Jordão, por exemplo, também com uma maior precipitação, devido a orografia.

A análise de Fourier, de cada série para o mesmo período, marca bem esta onda anual. Uma variança explicada acima de 30%, mostra o harmônico 40, com o sinal mais forte. Este harmônico é representativo da onda anual, pois tomando a quantidade de dados e dividindo pelo número de harmônicos obtem-se 12 meses, que representa a onda anual destas séries.

Após a obtenção deste processo determinístico (onda anual), foram utilizados diferentes filtros. Escolheu-se o melhor deles e aplicou-se a função de autocorrelação com o objetivo de estudar a persistencia das séries.

Os filtros utilizados, neste estudo, foram: $|X-X_m|$, filtro 1, $|(X-X_m)/\sigma|$, filtro 2, $|(X/X_m)-1|$, filtro 3 e outros com os mesmos procedimentos, mas não com o valor médio (X_m) e sim com a mediana. O melhor filtro foi $|(X-X_m)/\sigma|$, pois, por exemplo, a série SP20 que explicava 62% no harmônico 40 (onda anual), passou a explicar 0.06% utilizando filtro 2, 16% com filtro 1 e 14% com o filtro 3. Assim que todas as 45 séries de precipitações foram filtradas resultando o filtro 2, como o melhor.

Com esta nova série obtida (série filtrada a onda anual) buscou-se com a função de autocorrelação estabelecer a persistencia da mesma. Observou-se que a tanto a série original como a série filtrada a onda anual, não são processos Markovianos, isto é não tem persistencia ao longo do tempo.

BIBLIOGRAFIA

- BROOKS, C. E.P. y CARRUTHERS, N. 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology, London.
- JENKINS, G. M., WATTS, D. G. 1968. Spectral Analysis and its Applications, United States.
- KOUSKY, V. E. e CAVALCANTI, I. F. A. 1984. Eventos Oscilação do Sul - El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. Ciências e Cultura, 36(11): 1188 - 1899.
- PANOSFKY, H. A. and BRIER, G. W. 1965. Some Applications of Statistics to Meteorology, Pennsylvania.