

PERIODICIDADES E TENDÊNCIAS NAS MÉDIAS MENSAIS DO NÍVEL DO RIO PARAGUAI EM CORUMBÁ DE 1900 a 1995

Daniel Jean Roger Nordemann

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

CP 515, 12201-970 São José dos Campos, SP

Introdução

O nível de um rio é um indicador de duas de suas características mais importantes: vazão e tamanho do seu leito incluindo das áreas alagadas. Existem registros antigos de níveis de rio e estes fornecem também preciosos dados sobre as variações climáticas (Peixoto and Oort, 1992) e fenômenos geofísicos associados no passado. Uma análise matemática adequada pode também, dentro de certas hipóteses e de certos limites, ser usada para uma previsão do futuro próximo. As variações do nível do Rio Paraguai em Ladário perto de Corumbá, (Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil), de janeiro de 1900 até abril de 1995 (médias mensais obtidas a partir das leituras diárias) foram estudadas visando obter resultados sobre clima, meio ambiente e relações com fenômenos geofísicos. Estas variações mostram claramente um comportamento complexo com longos períodos de estiagem e de alta vazão. As periodicidades possivelmente embutidas neste sinal não aparecem a primeira vista e pode se dizer também que o regime é nitidamente não estacionário. Por isto, estes dados foram analisados por vários métodos matemáticos de análise: análise de Fourier, periodograma, análise espectral dinâmica.

Metodologia e resultados

Para a análise das séries temporais geofísicas, recomenda-se utilizar os métodos disponíveis mais adequados e escolhidos dentro de um leque de softwares ou ferramentas computacionais compatíveis com o hardware e o tempo de processamento necessário para processar os dados (Dettinger, 1995). Vários algoritmos próprios foram desenvolvidos por nós no ambiente do *Mathematica* for Windows (Wolfram, 1991; Nordemann, 1994). Os tratamentos foram realizados em máquina 486DX4 100 MH. com 16 MB de RAM e disco rígido de 500 MB.

A fim de analisar as diversas periodicidades embutidas na série temporal das médias mensais do nível do Rio Paraguai em Corumbá, de janeiro de 1900 até abril de 1995, foi calculado o espectro de

Fourier e o ciclograma das amplitudes das funções senoidais embutidas na série em função de sua frequência, para a totalidade da série. A regressão iterativa (Wolberg, 1967) foi aplicada através da varredura das periodicidades detectadas no ciclograma em ordem decrescente de amplitude. Esta regressão iterativa foi aplicada a cada vez sobre a série inicial menos a série artificial reconstituída a partir das periodicidades até então determinadas. A Tabela 1 apresenta os parâmetros das mais importantes periodicidades.

Tabela 1

| Período (ano) | Amplitude \pm s.d. (cm) | Observação |
|----------------------|---|-------------------|
| 1.00 | 130.0 \pm 5.2 | Revolução orbital |
| 28.6 | 75.0 \pm 4.8 | Maré luni-solar |
| 14,6 | 46.2 \pm 4.4 | |
| 8,9 | 38.0 \pm 4.2 | |
| 4.1 | 19.9 \pm 4.2 | |
| 3.8 | 33.4 \pm 4.6 | QBO/ENSO |
| 2.8 | 22.2 \pm 4.2 | |
| 2.3 | 20.1 \pm 4.1 | |
| ... | ... | |
| 0.5 | 7.8 \pm 3.6 | SAO |

Evidentemente a maior periodicidade observada na série estudada corresponde a um período de uma ano devido à revolução orbital da Terra. Observa-se também que a soma de 8 entre as amplitudes mais importantes é da ordem de 385 cm, o que significa que, no caso deste trabalho, estas 8 periodicidades de maior amplitude podem ser suficientes para explicar os valores extremos observados durante o intervalo estudado. Pelo método empregado, foram detectadas da ordem de 50 periodicidades de amplitude superior a seu respectivo desvio padrão calculado. Isto significa que outras periodicidades podem ser significativas e que outros ciclos naturais provavelmente influenciam também o nível do rio.

Para evidenciar as tendências embutidas na série, foi praticada uma análise espectral dinâmica (com periodogramas para intervalos de varredura sucessivos na escala do tempo).

Conclusão

- O regime do Rio Paraguai é complexo e não é estacionário.
- Ao lado da periodicidade anual predominante, existem outras periodicidades de amplitudes menores cujas contribuições são entretanto da maior importância para as variações de altura do rio.
- Entre as componentes de período superior ao ano, destaca-se um grupo de componentes de período 28.6 anos (marê luni-solar) e de períodos da ordem de 2 a 4 anos (na faixa da Oscilação Sul/El Niño ENSO ou Oscilação Quase Bianual QBO) com amplitudes entre 19.9 cm e 33.3 cm.
- Entre as componentes de período inferior ao ano, destaca-se a de 6 meses de período (Oscilação Semi-Anual SAO) com uma amplitude de 7.8 ± 3.6 cm.
- De maneira global, a aplicação de diversos métodos matemáticos de análise de séries temporais ao estudo das variações de altura do rio Paraguai em Corumbá revelou-se proveitosa e deveria ser estendida a um número maior de registros observacionais ou naturais para se ter um conhecimento melhor do meio ambiente no passado em relação com os fenômenos geofísicos envolvidos.

Referências

- Dettinger M.D., M. Ghil, C.M. Strong, W. Weibel and P. You. Software Expedites Singular-Spectrum Analysis of Noisy Time Series. EOS (AGU) 76:2:12-21, Jan. 10, 1995.
- Nordemann D. Introdução ao *Mathematica* for Windows. Transtec Editorial, São José dos Campos, SP, 1994.
- Nordemann, D. Previsão Baseada no Estudo do Nível do Rio Corumbá de 1900 a 1995. Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal. Corumbá. MS. 9-12 de outubro de 1995
- Peixoto J.P. and A.H. Oort. Physics of Climate. American Institute of Physics-AIP, 1992.
- Wolberg J.R. Prediction Analysis. Van Nostrand Company, Princeton, 1967.
- Wolfram S. *Mathematica*. A System for Doing Mathematics by Computer. Addison-Wesley Pub. Co., 1991.