

# USO DE MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO E ESTATÍSTICO PARA ESTIMAR PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA NA PARTE PERNAMBUCANA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

*Josiclêda Domiciano Galvncio<sup>1</sup>*

*Magna Soelma Beserra de Moura<sup>2</sup>*

*Janes Galvncio Ribeiro<sup>3</sup>*

*Ivan Ighour Silva Sá<sup>4</sup>*

## RESUMO

O conhecimento das precipitações máximas prováveis é de grande importância na elaboração de projetos agrícolas e de engenharia hidráulica. Tendo em vista esse fato, objetivou-se com este trabalho determinar a precipitação diária máxima provável, utilizando o método de Hersfield, na parte pernambucana do Submédio São Francisco. Pelos resultados, verificou-se que a tomada de decisão em relação ao tipo e tamanho da obra hidráulica na parte pernambucana do Submédio São Francisco deve ser levado em consideração PMPs em torno de 180 mm na parte do Sertão do São Francisco e de 150 mm na parte de transição entre Sertão e Agreste de Pernambuco.

**Palavras-Chave:** Precipitação máxima provável; Submédio São Francisco, Hersfield.

## PROBABLE MAXIMUM RAINFALL IN THE PART PERNAMBUCANA IN SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

### ABSTRACT

The knowledge of the probable maximum rainfall is very important in the elaboration of agricultural and hydraulic engineering projects. Therefore this paper aimed to determine probable maximum precipitation, using technique Hersfield, in the part pernambucana in Submédio São Francisco. For the results, it was verified that the outlet of decision in the works hydraulic in the part pernambucana in Submédio São Francisco it should be with PMPs of 180 the 150, Setão and Ageste in the Pernambuco, respectively.

**Keywords:** probable maximum rainfall; Submédio São Francisco; Hersfield

<sup>1</sup> Professora da Universidade Federal de Pernambuco. Avenida Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife-PE. Fone: 81-32726626 e-mail: [josicleda.galvncio@ufpe.br](mailto:josicleda.galvncio@ufpe.br)

<sup>2</sup> Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido. BR 428, Km 152, CP 23, Zona Rural, Petrolina-PE. E-mail: [magna@cpatsa.embrapa.br](mailto:magna@cpatsa.embrapa.br)

<sup>3</sup> Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido. BR 428, Km 152, CP 23, Zona Rural, Petrolina-PE. E-mail: [janesgr@bol.com.br](mailto:janesgr@bol.com.br)

<sup>4</sup> Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido. BR 428, Km 152, CP 23, Zona Rural, Petrolina-PE. E-mail: [ighour@cpatsa.embrapa.br](mailto:ighour@cpatsa.embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

As chuvas intensas são responsáveis pela erosão dos solos e pela concentração de águas pluviais em vales e zonas ribeirinhas. Assim, o conhecimento das relações entre intensidade, duração e frequência dessas chuvas é de enorme importância para o projeto de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais, como galerias, bueiros, extravasores de barragens, vãos de pontes, etc. Eltz et al. (1992) afirmam que a análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo das chuvas, em razão da grande variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, as quais não podem ser previstas em bases puramente determinísticas.

A região do Submédio São Francisco caracteriza-se por intensa atividade agrícola, sendo frequente a construção de barragens, bem como obras hidráulicas de captação e condução de águas fluviais no perímetro urbano e na zona rural. No dimensionamento dessas obras há necessidade de considerar a análise da frequência e da duração das chuvas de grande intensidade, para que os riscos normalmente assumidos nesse tipo de dimensionamento sejam minimizados.

A precipitação máxima pode ser definida como a ocorrência extrema de precipitação com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. A importância de seu estudo reside no fato de levar ao conhecimento da vazão de enchente de uma bacia. Além desta, pode-se salientar a atuação em erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros.

A precipitação na forma de chuva é um dos elementos meteorológicos que mais influencia nas disponibilidades hídricas. O surgimento de constantes conflitos quanto aos usos da água e as limitações espaço temporal das disponibilidades hídricas levam a uma necessidade de conhecimento das potencialidades das bacias hidrográficas.

Segundo VIEIRA et al. (1991), o conhecimento da chuva diária máxima provável é importante para trabalhos de conservação do solo, estradas, barragens e drenagem, para cujo dimensionamento adequado é necessário conhecer ocorrência extremas. O fato dos projetos hidráulicos em geral serem concebidos considerando o custo mínimo associado a um risco admissível de falha, requer a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, tais como máximas vazões ou precipitações que podem vir a ocorrer em certa localidade.

As precipitações máximas são retratadas pontualmente (abrangência máxima aceitável de 20 a 25 km<sup>2</sup>) pelas curvas de intensidade, duração e frequência e através da Precipitação Máxima Provável (PMP), método mais utilizado para grandes obras, onde o risco de rompimento deve ser mínimo. a primeira, para sua avaliação, relaciona a duração, a intensidade e o risco da precipitação ser igualada ou superada e a segunda utiliza os métodos hidrometeorológicos e estatísticos na sua estimativa.

Os métodos hidrometeorológicos exigem, para sua correta aplicação, um número considerável de dados hidrológicos e meteorológicos, raramente disponíveis em países como o nosso, em que o valor da observação e o registro sistemático dos fenômenos naturais só recentemente vêm sendo corretamente apreciados. Esse fato, entretanto, não reduz a importância de seu estudo entre nós, seja para a sua aplicação ainda que em condições imperfeitas, seja para ressaltar a importância dos dados básicos e orientar a política no melhoramento e adensamento dos postos de medição e estação meteorológicas do País.

Este trabalho tem o objetivo de fazer uma análise de valores extremos máximos de precipitações de 24 horas em oito municípios no âmbito do Estado de Pernambuco no interior da bacia hidrográfica no Submédio São Francisco, usando a técnica de Hersfield e o teste de Mann-Kendall (Strobel, 1997).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Região de estudo

Este estudo foi elaborado tomando como base oito municípios localizados no âmbito do Estado de Pernambuco e no interior da bacia hidrográfica do Submédio São Francisco.

Foram utilizados os valores de precipitações máximas diárias e anuais (PMDA), com amostras de 1912 a 2002 anos, em oito postos, distribuídos na área da Submédio São Francisco, no Estado de Pernambuco. Esses dados foram obtidos dos arquivos do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE e da Embrapa/Cpatsa.

A Figura 1 mostra a distribuição espacial dos postos pluviométricos usados nesse estudo.

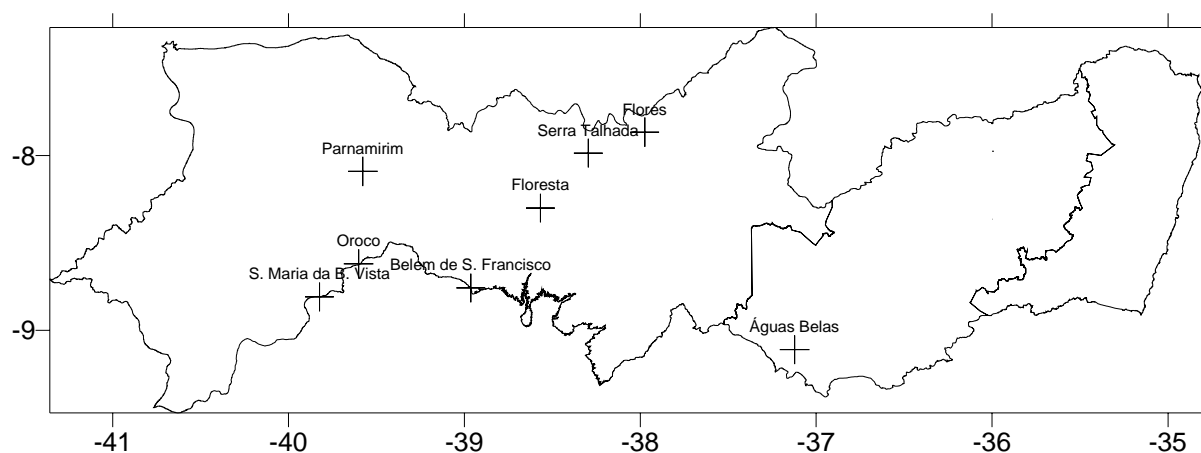


Figura 1 - Distribuição espacial dos postos pluviométricos em estudo

### Método

O método estatístico de Hersfield (1961) para estimativa da PMP foi adaptado de Chow (1951), que sugere a aplicação da fórmula de distribuição de frequências para a análise hidrológica.

$$X_t = \bar{X}_n + K_t \sigma_x \quad (1)$$

em que  $X_t$  é a precipitação máxima diária e anual para um período de retorno de  $t$  anos,  $\bar{X}_n$  e  $\sigma_n$ , são respectivamente a média e o desvio-padrão das PMDA e  $K_t$  é o fator de frequência, que depende de  $t$  e da distribuição de frequência dos valores extremos observados Hersfield (1961) e Hersfield (1965), denomina a variável  $K_m$  de  $K_t$  e apresenta seu método para se estimar a PMP, dado pela equação:

$$X_{PMP} = \bar{X}_n + K_m \sigma_n \quad (2)$$

em que  $X_{PMP}$  é a estimativa da PMP para um dado posto e duração específica,  $X_n$  é a média e  $\sigma_n$  é o desvio-padrão das PDMA e  $K_m$  é o fator frequência. Na estimativa da PMP,  $K_m$  é calculado pela a fórmula:

$$K_m = (X_1 - \bar{X}_{n-1}) / \sigma_{n-1} \quad (3)$$

em que  $X_1$  é a maior PMDA;  $\bar{X}_{n-1}$  é a média das PMDA, excluindo a maior;  $\sigma_{n-1}$  é o desvio-padrão das PMDA, excluindo a maior. Hersfield (1965) através de estudos para vários locais do mundo, adaptou o valor de  $K_m$  para 15, e sugeriu a seguinte expressão para a estimativa da PMP:

$$X_{PMP} = \bar{X} + 15\sigma_n \quad (4)$$

Para que se obtenha um bom conhecimento das características intrínsecas dos valores sequenciais, torna-se necessário separar, da combinação de eventos acima, a natureza e extensão da não-aleatoriedade existente, a qual deve-se basicamente à persistência, tendência, sazonalidade e eventuais erros sistemáticos e acidentais.

De uma forma geral, a maior parte da variabilidade de uma série temporal natural é devido à sua componente aleatória. A questão é, então, identificar porções da variância total que são devidas a aspectos não-aleatórios e, se possível, identificar se estes são ocasionados pela persistência, tendência, flutuações periódicas, aperiódicas, ou por uma combinação destas heterogeneidades.

As etapas utilizadas para o estudo das PMP, estão resumidas a seguir.

- 1) Seleção das maiores precipitações ocorridas na área em estudo.
- 2) Maximização dessas precipitações em função de condições meteorológicas críticas que poderiam ocorrer na região.
- 3) Transposições de precipitações observadas em regiões meteorologicamente homogêneas.
- 4) Com base nos valores encontrados, definição da PMP para a área em estudo.

Diante disso, fez-se a análise estatística, a homogeneidade dos dados das séries dos oito postos em estudo.

O uso de séries longas para estimativas de PMP é válido somente se apresentarem mudanças ao longo do tempo. Para verificar a não-homogeneidade nas PMDA dos oito postos estudados foi utilizado o teste Mann – Kendall (Strobel, 1997). Esse teste compara cada valor da série temporal com os outros restantes, sempre em ordem temporal. Conta-se o número de vezes em que os termos restantes são maiores que o em análise. A estatística M é o somatório de todas essas contagens. Computa-se a estatística  $\tau$ :

$$\tau = \frac{4M}{N(N-1)} - 1 \quad (5)$$

em que N é o número de valores da série. O desvio padrão de  $\tau$  é dado por:

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{(4N+10)/9N(N-1)} \quad (6)$$

A razão de  $\tau$  e  $\sigma_{\tau}$  indica a orientação dos dados.

O teste de Mann – Kendall utilizado para analisar a homogeneidade da série de precipitações máximas observadas, mostrou que a série apresenta tendência. Ou seja, apresentam mudanças ao longo do tempo.

Após os cálculos a PMP para  $k=4$  foi plotada pelo método de Kriging do software Surf 7.0, para interpolar as isolinhas e possibilitar a análise da região.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o fator de frequência encontrado para os oito municípios. Como pode ser visto o maior fator de frequência está em torno de quatro. Esse valor foi adotado para o cálculo da precipitação máxima provável na região.

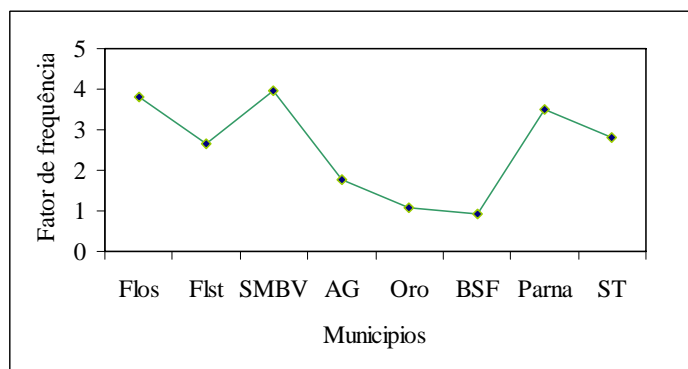


Figura 2 – Fator de frequência

A Figura 3 mostra a PMP com fator de frequência igual a quatro. Nota-se que as maiores PMPs, em torno de 180mm, estão entre Santa Maria da Boa Vista e Belém de São Francisco e as

menores, em torno de 150 mm, entre Águas Belas, Flores e Floresta. Esse resultado é de grande importância para a tomada de decisão para a construção de obras hidráulicas na região.

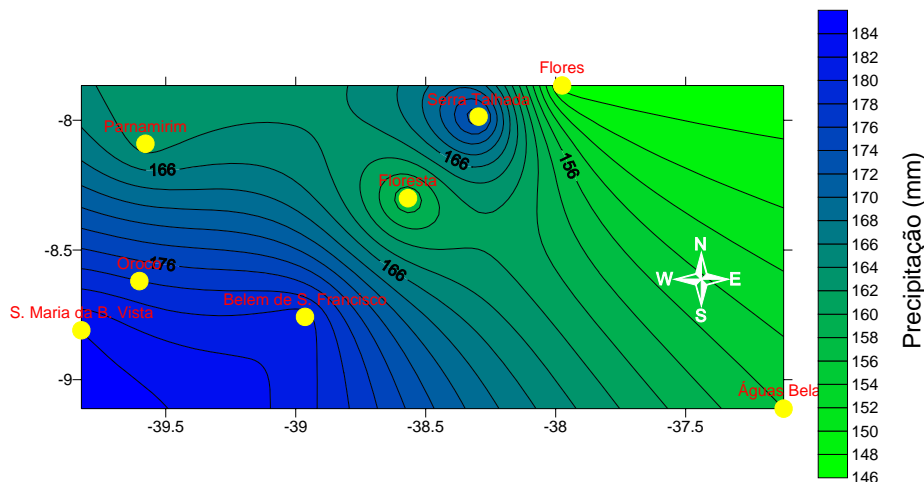


Figura 3- Precipitação máxima provável com fator de frequência  $k=4$

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados conclui-se que:

A tomada de decisão em relação ao tipo e tamanho da obra hidráulica na parte pernambucana do Submédio São Francisco deve ser levado em consideração PMPs em torno de 180 mm na parte do Sertão do São Francisco e de 150 mm na parte de transição entre Sertão e Agreste de Pernambuco.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas, indispensáveis ao projeto “Balanço Hídrico da bacia hidrográfica do Submédio São Francisco, utilizando técnicas de sensoriamento remoto”, processo 555272/2005-2.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow, V. T. A general formula for hydrologic frequency analysis. Trans. Am. Geophys. Union 32, 231-237, 1951.
- Eltz, F.L.; Reichert, J.M.; Cassol, E.A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.265-269, 1992.
- Hersfield, D. M. Estimating the probable maximum precipitation. Journal Hydraul. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 87,99-116,1961.
- Hersfield, D. M. Method Estimating the probable maximum precipitation. Journal Am. Water Works Association. Vol.57, pg. 965-972, 1965.

Strobel, O. M. Homogeneidade de Séries Temporais. Revista Brasileira de Engenharia. Vol. 5, Nº 1, 1987.

Vieira, D.B.; Lombardi Neto, F.; Santos, R.P. Análise das máximas intensidades de chuva em Pindorama, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.255-260, 1994.

