

GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

ANÁLISE DE INTENSIDADE DE CHUVA PELA CURVA NORMALIZADA DA PRECIPITAÇÃO

Francisco de Assis Salviano de Sousa¹ e Vicente de Paulo Rodrigues da Silva²

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se apresentar um método analítico e alternativo para se estimar as intensidades máximas prováveis de precipitação, em mm.dia⁻¹, *in situ*, a partir da Curva Normalizada da Precipitação (CNP) que considera a associação entre o percentual acumulado de chuva (x) e o número acumulado de dias com chuva (y) das séries. O método foi aplicado aos dados de precipitação diária de cinco localidades (João Pessoa, Areia, Campina Grande, Soledade e Sousa) do Estado da Paraíba e os resultados dos ajustes das CNP's, para cada uma dessas localidades, foram considerados ótimos, para todos os casos estudados, principalmente na porção final "cauda" de cada uma das curvas; em consequência, as estimativas das intensidades máximas prováveis de precipitações são mais confiáveis e os resultados podem auxiliar na tomada de decisão relativa ao dimensionamento de pequenas obras hidráulicas.

Palavras-chave: precipitação diária, curva normalizada, representação analítica

INTENSITY RAINFALL ANALYSIS BY PRECIPITATION NORMALIZED CURVE

ABSTRACT

The objective of this work was to present an analytical and alternative method to measure the maximum probable rainfall intensity (mm.day⁻¹), *in situ*. This method is based on Normalized Rainfall Curve (NRC) depicting the association between accumulated percentage rain amount (x) and cumulated percentage number of rain days (y) of the rainfall series. This method was applied to daily rainfall data at five stations (João Pessoa, Areia, Campina Grande, Soledade and Sousa) in the state of Paraíba. The results were considered very good in all the cases. Thus, the estimates for maximum probable rainfall intensity are reliable and these results can be quite useful in the planning of small hydraulic projects.

Key words: daily rainfall, normalized rainfall, analytical representation

INTRODUÇÃO

A precipitação máxima, geralmente de curta duração e variável no espaço, é entendida como fenômeno de ocorrência extrema em uma região ou bacia hidrográfica e sua ocorrência

se deve ao mecanismo da convecção atmosférica. Essas precipitações máximas são responsáveis por inundações de áreas rurais e urbanas, pelas falhas nas obras hidráulicas e responsáveis, em parte, pelos processos erosivos do solo.

As precipitações máximas são representadas pontualmente

¹ Professor, D.Sc. Departamento de Ciências Atmosféricas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP: 58 109 970, Campina Grande, Paraíba, e-mail: fassis@dca.ufpb.br

² Professor, M.Sc. Departamento de Ciências Atmosféricas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, e-mail: vicente@dca.ufpb.br

pelas Curvas de Intensidade, Duração e Frequência (curvas i-d-f) e através da Precipitação Máxima Provável (PMP); 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.

As quantidades precipitadas são variáveis no decorrer do tempo, razão por que se costuma definir a intensidade instantânea (i) pela relação: $i = dh/dt$, em que dh é o acréscimo de altura pluviométrica no decorrer do intervalo de tempo infinitésimo dt . Na prática, interessa conhecer a intensidade média de uma precipitação num intervalo de tempo finito, de t_0 a $t_0 + Dt$, que pode ser expressa por: $i_m = \int_{t_0}^{t_0 + Dt} i dt$, o tempo decorrido entre t_0 e $t_0 + Dt$ é a duração que se está considerando e que pode ser uma parte ou o total do evento pluvial.

Quando se estudam precipitações intensas, costuma-se obter os dados observados em pluviógrafos, em forma de pluviogramas (gráficos de precipitação acumulada ao longo do tempo, a partir do início da chuva, traçados sobre um papel convenientemente graduado) assim, é possível determinar-se, para qualquer tempo, a partir de qualquer origem, as alturas das precipitações em milímetro.

Pode-se estabelecer, para diversas durações, as intensidades máximas ocorridas durante uma chuva, sem que as durações maiores devam incluir as menores, necessariamente. Colocadas em um gráfico, com intensidades em função de suas durações, pode-se notar que, quanto menor a duração considerada, maior a intensidade média; nota-se, também, que a duração não é a total do evento pluvial e que nem sempre é medida a partir do seu início; deste modo, a intensidade média máxima observada dentro de um mesmo evento pluvial, varia inversamente com a amplitude de tempo em que ocorre. As precipitações são tanto mais raras quanto mais intensas. Para se considerar a variação da intensidade com a frequência, é necessário se fixar, a cada vez, a duração a ser considerada.

A partir de pluviogramas de todas as chuvas ocorridas e registradas num pluviógrafo, durante n anos, pode-se escolher a máxima de cada ano, para cada duração t . Para avaliação das intensidades médias máximas prováveis das precipitações (ou máximas quantidades precipitadas em um ou mais dias consecutivos) deve-se ajustá-las a uma distribuição de probabilidade dos extremos, segundo Pinto et al. (1976).

As curvas observadas da relação intensidade-duração-frequência (i-d-f) podem ser analisadas por equações genéricas, que têm a seguinte fórmula: $i = aT_r^b / (t+c)^d$ em que i é a intensidade, expressa em $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$, T_r é o período de retorno, em anos t é a duração da chuva, em minutos, e a , b , c e d são os parâmetros que devem ser determinados para cada local. Essas equações permitem sintetizar as curvas i-d-f, mas poderão apresentar erros, visto que o ajuste nem sempre é perfeito.

Um trabalho pioneiro na análise de registros pluviográficos e pluviométricos, para determinação de curvas i-d-f, foi realizado por Pfafstetter (1957). O autor estabeleceu essas curvas para 98 postos localizados em diferentes regiões do Brasil (principalmente nas capitais de cada estado). Plotando-se as curvas que relacionam probabilidade-duração-frequência (p-d-f) em escala bilogármtica, o autor ajustou, para cada posto, a

seguinte equação empírica: $P = R \cdot [a \cdot t + b \cdot \log(1 + c \cdot t)]$ em que P é a precipitação máxima, em mm t é a duração da precipitação, em horas a , b e c são as constantes para cada posto e R é o fator de probabilidade, definido por: $R = \text{Tr}^{(\alpha/\beta \cdot \text{Tr}^\beta)}$ em que T_r é o período de retorno, em anos α e β são os parâmetros que dependem da duração da precipitação e Y é a constante (adotada e igual a 0,25 para todos os postos).

No dimensionamento racional de obras hidráulicas, como galerias pluviais, sistema de drenagem e vertedores de barragens, toma-se por base não a vazão máxima absoluta (sempre desconhecida) que poderia escoar, o que seria anti-econômico e, sim, uma solução de compromisso entre os estragos que podem ser causados pela falta de capacidade de escoamento e o custo da obra. Dada a existência comum de longas séries pluviométricas e as possibilidades de correlacionar as chuvas com as vazões procura-se, deste modo, obter uma proteção contra uma precipitação com certa probabilidade de ocorrer e não uma proteção total contra qualquer precipitação.

Por outro lado, para uma intensidade de chuva (constante) e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a vazão máxima que passa numa seção do exutório corresponde a uma duração de chuva igual ao tempo de concentração da bacia. Se a duração da chuva ultrapassar esse *tempo de concentração*, a vazão na seção, após atingir o máximo, manter-se-á constante. Do exposto resulta que, para o correto dimensionamento dessas obras, é necessário conhecer-se, segundo Garcez (1988) a relação entre a intensidade da chuva para cada duração e a frequência.

Tradicionalmente e segundo Pinto et al. (1976) para se avaliar as intensidades médias máximas prováveis de precipitações (ou as máximas quantidades precipitadas em um ou mais dias consecutivos) é comum ajustar-se esses valores a uma distribuição de probabilidade dos extremos.

O fator limitante da aplicação do método das curvas i-d-f é a carência de dados pluviográficos.

PMP e os métodos hidrometeorológicos

A Organização Meteorológica Mundial define PMP como a maior altura pluviométrica, correspondente a uma duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma área de drenagem (bacia hidrográfica) em determinada época do ano. A PMP pode ser estimada pelas etapas resumidas nos seguintes passos: 1) seleção das maiores precipitações ocorridas na área ou que poderiam ter ocorrido sob condições meteorológicas um pouco diferentes. Essas precipitações devem ser catalogadas na forma de quadros ou gráficos, relacionando-se os valores máximos de altura de precipitação para cada duração (dados de máxima altura-duração); 2) maximização dessas precipitações em função de condições meteorológicas críticas que poderiam ocorrer na região. Por maximização de uma chuva, entendem-se os ajustes efetuados para avaliar o total de precipitação que poderia ter propiciado este evento em condições meteorológicas críticas, passíveis de ocorrência na região para a mesma época do ano. Embora a eficiência da chuva, medida em termos da capacidade de transformar a umidade atmosférica em precipitação, dependa de fatores ainda não completamente conhecidos admite-se, nos estudos hidrometeorológicos, que o volume precipitado seja

diretamente proporcional à umidade. Deste modo, o ajuste referido no parágrafo anterior pode ser efetuado com base na relação do volume de água precipitável, contido entre a superfície e a camada atmosférica correspondente à pressão de 200hPa, para o ponto de orvalho máximo e o ponto de orvalho persistente, durante a precipitação; 3) transposição de precipitações observadas em regiões meteorologicamente homogêneas, considerando-se as características topográficas e as modificações resultantes, tendo em vista os princípios meteorológicos; 4) com base nos valores encontrados, estimam-se os valores críticos altura-duração, definindo-se a PMP para determinada área. Esse método hidrometeorológico considera os fundamentos físicos da precipitação.

PMP e os métodos estatísticos

Em geral, a quantidade de dados de precipitação é muito superior à quantidade de dados climatológicos e, sendo assim, os métodos estatísticos são técnicas, alternativas às hidrometeorológicas, para a estimativa da PMP. Dentre os vários métodos estatísticos, o que tem maior aceitação, pelos hidrologistas, é o método desenvolvido por Hershfield (1961) e aperfeiçoado por Hershfield (1965) que consiste em maximizar o fator de recorrência k_t da equação geral de frequência proposta por Chow (1951). Para cada posto pluviométrico o autor substituiu k_t pela precipitação máxima observada no local $x_{m\acute{a}x}$; desta forma, Hershfield (1965) determinou, para 2600 postos pluviométricos distribuídos no mundo, o fator de recorrência para cada uma das séries de precipitação diária. A PMP, pelo método de Hershfield (1965) pode ser obtida pelos seguintes passos: 1) estimativa da média x_n e do desvio-padrão s_n considerando-se toda a amostra; 2) estimativa da média e desvio-padrão, excluindo-se da série o valor máximo observado; 3) ajuste de x_n e s_n devido à presença do valor atípico na série; 4) obtenção do valor do fator de recorrência k_t em função dos valores da média e do desvio-padrão ajustados em três; 5) estimativa da PMP utilizando-se a equação geral de frequência de Chow (1951).

O método estatístico apresenta a vantagem, em relação ao método hidrometeorológico, de ser um procedimento rápido e fácil para avaliar a PMP e a aplicação de ambos depende de suas limitações e do tamanho da obra hidráulica.

Do exposto, poder-se-ia concluir, que os métodos apresentados seriam suficientes para analisar o evento precipitação máxima, mas há controvérsias como, por exemplo, no método estatístico, qual o valor mais realista para o k_t ? os dados climatológicos, quando disponíveis, são confiáveis para a aplicação desses métodos? Esses são os fatores limitantes dos métodos estatísticos.

Justifica-se este trabalho porque apresenta um método analítico e alternativo aos existentes, para analisar o evento precipitação máxima e estimar as intensidades máximas prováveis de precipitação, em mm.dia⁻¹, *in situ*, a partir da Curva Normalizada da Precipitação (CNP). Os resultados do estudo podem auxiliar na tomada de decisão do dimensionamento de pequenas obras hidráulicas. Esta técnica foi utilizada e apresentou resultados satisfatórios, por Olascoaga (1950) na Argentina e Harrison (1983) na África do Sul.

METODOLOGIA

Com o conhecimento atual de previsão de tempo e, especificamente, de previsão de eventos raros (precipitações máximas) pode-se afirmar que esses eventos são quase indeterminados, levando-se em conta que as únicas pistas esperadas são baseadas em dados anteriormente coletados e na evidência física de eventos passados. Ressalta-se que, independente do que aconteça no futuro, os eventos não serão duplicações exatas do passado; portanto, o método para avaliar a chuva de projeto, aqui proposto, é apenas mais uma alternativa e nunca um método substituto.

A técnica aqui utilizada, investigação da associação entre o percentual acumulado do total de chuva e o percentual acumulado do número de dias com chuva (dia com chuva: dia com altura de precipitação maior ou igual a 0,1 mm) para analisar os registros diários das precipitações, produz introspecção na natureza da distribuição desses registros. Com base nos dados diários de precipitação máxima, arranjados em ordem crescente e agrupados em intervalos de dez por cento da precipitação total acumulada, de cinco localidades (João Pessoa, Areia, Campina Grande, Soledade e Sousa) do Estado da Paraíba, no período de 1937 a 1993, ajustou-se a Curva Normalizada da Precipitação (CNP) para cada uma dessas localidades.

A representação analítica da CNP, sugerida por Olascoaga (1950) pode ser dada, segundo Ananthakrishnan & Soman (1989) pela expressão:

$$X = Y \exp[-b(100-Y)^c] \quad (1)$$

em que X é o percentual acumulado do total de chuva, Y é o percentual acumulado do número de dias com chuva e b e c são as constantes do modelo. Aplicando-se a primeira derivada na Equação 1, obtém-se:

$$\frac{dx}{dy} = (1 + \alpha\beta) \exp(-\alpha) \quad (2)$$

em que $\alpha = b(100-y)^c$ e $\beta = cy/(100-y)$. Multiplicando-se a Equação 2 pela precipitação média por dia chuvoso (r) obtém-se a intensidade da precipitação (mm.dia⁻¹ chuvoso). Para se aplicar o método CNP foram escolhidas cinco localidades no Estado da Paraíba; o critério de escolha foi o da representatividade climática, em relação à sub-região na qual cada uma delas está contida; assim, João Pessoa representa o litoral, Areia o brejo, Campina Grande o agreste Soledade o cariri, e Sousa o alto sertão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os parâmetros estatísticos das séries diárias das precipitações das localidades supracitadas, em que n é o número médio de dias com chuva, r a precipitação média por dia chuvoso (mm.dia⁻¹), s o desvio-padrão (mm), CV o coeficiente de variação (%) e a coluna 6, o percentual do número de dias com chuva no período estudado. Nota-se que Sousa apresentou, praticamente, o dobro da precipitação média por dia chuvoso de todas as outras localidades, porque as chuvas mais intensas se concentraram em poucos dias, por outro lado,

Soledade apresentou precipitação média por dia chuvoso muito baixa, considerando-se que o percentual do número de dias com chuva dessa cidade (9,3%) é similar ao da cidade de Sousa (9,7%) (coluna 6 da Tabela 1) cujo resultado é devido as chuvas, serem em Soledade, menos intensas que em Sousa. De todas as localidades, Areia é a que apresenta o maior número de dias com chuva no período; em média, chove 38,7% dos dias do ano.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos das séries diárias de precipitação pluvial

| Localidade | NMDC ¹ | PMPDC ² | DP ³ | CV ⁴ | PNDCC ⁵ |
|----------------|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| João Pessoa | 34,59 | 8,89 | 15,75 | 177,1 | 32,2 |
| Areia | 38,06 | 8,11 | 11,52 | 141,9 | 38,7 |
| Campina Grande | 17,77 | 7,08 | 9,38 | 132,5 | 18,0 |
| Soledade | 9,10 | 9,87 | 14,23 | 144,1 | 9,3 |
| Sousa | 9,56 | 17,08 | 18,64 | 109,1 | 9,7 |

¹ número médio de dias com chuva (n) (%)

² Precipitação média por dia chuvoso (r) (mm.dia⁻¹)

³ Desvio Padrão (s) (mm)

⁴ Coeficiente de variação (%)

⁵ Percentual do número de dias com chuva (%)

A Figura 1 mostra as Curvas Normalizadas das Precipitações para as cidades de Soledade, Areia, Campina Grande, Sousa e João Pessoa. Os valores dos coeficientes de variação (CV), em percentagem, para essas localidades são, respectivamente, 144,1, 141,9, 132,5, 109,1 e 177,1. Quanto maior o CV, tanto mais assintótica será a CNP. As CNP's de Soledade, Areia e Campina Grande (Figuras 1A, 1B e 1C) são similares, enquanto as CNP's de Sousa e João Pessoa (Figuras 1D e 1E) apresentam o menor e o maior CV, respectivamente; conseqüentemente, a CNP de Sousa mostra-se menos assintótica que a CNP de João Pessoa.

Utilizando-se o método de Levenberg-Marquardt, foi possível estimar-se os valores das constantes b e c da Equação 1 e ajustar os valores de X (percentual acumulado do total de chuva) para cada uma das cinco cidades estudadas. A Tabela 2 mostra os resultados desse ajuste, sendo r^2 o coeficiente não-linear de determinação.

Nota-se que o ajuste do X à Equação 1, proposta por Olascoaga (1950) verifica-se para todas as cidades estudadas. Este ajuste é ótimo, principalmente na porção final "cauda" de cada uma das curvas e é nesse ponto ($Y=99,99$) que se estima a intensidade máxima provável da precipitação em cada um dos locais. A Tabela 3 mostra os valores das estimativas das intensidades máximas prováveis de precipitações, a partir da Equação 2, fazendo $Y=99,0, 99,5, 99,9, 99,95$ e $99,99$ (Y é o percentual acumulado do número de dias com chuva) para as cinco cidades.

Nas localidades onde não há registros pluviográficos nem fluviométricos é bastante difícil o dimensionamento de obras hidráulicas. Neste sentido, a metodologia aqui apresentada permite estimar o escoamento superficial em bacias hidrográficas e estudar as cheias e os processos erosivos do solo.

A coluna cinco da Tabela 3 indica os valores das intensidades máximas das máximas para $Y = 99,99$, esperadas para cada uma das cidades. Em ordem crescente, Campina Grande apresenta o menor valor e João Pessoa, o maior.

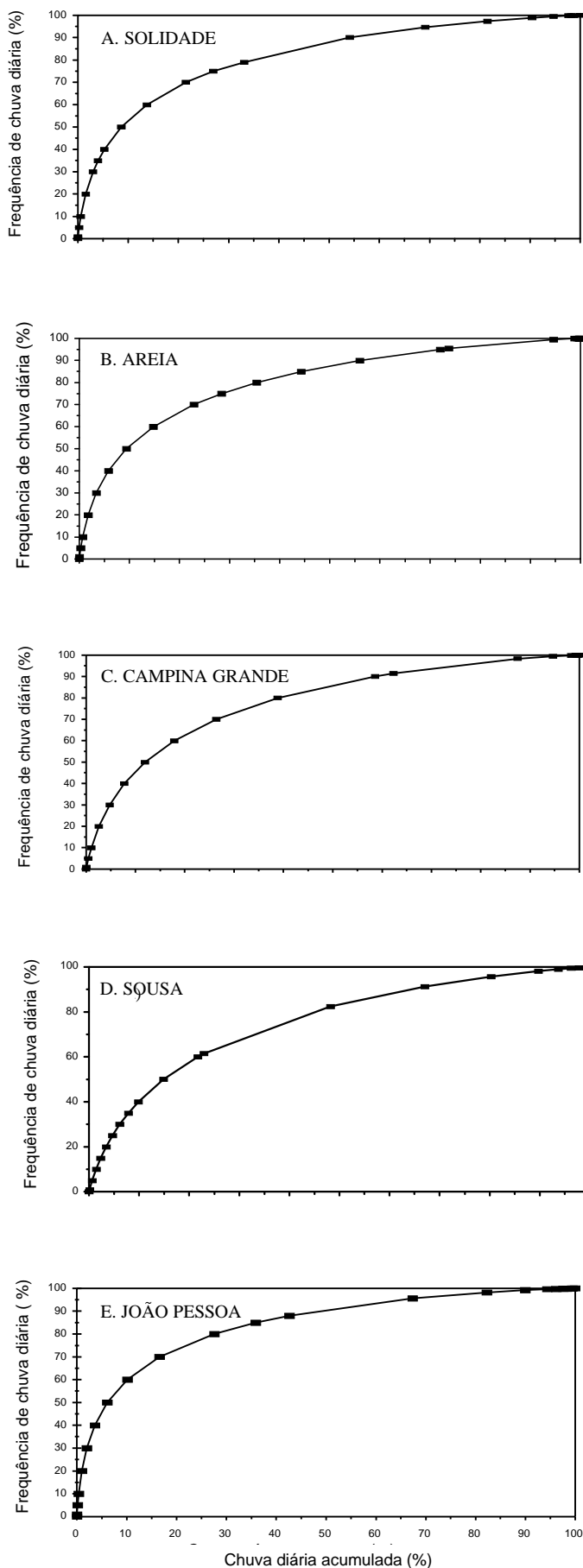


Figura 1. Curvas normalizadas das precipitações para as diferentes localidades

Tabela 2. Comparação, para as cinco localidades, das CNP's observadas e ajustadas

| Campina Grande | | b=0,0770 | | c=0,7466 | | r ² =0,9996 | | | | | | |
|----------------|-------|----------|-------|----------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X(obs) | 0,09 | 4,78 | 7,78 | 11,98 | 17,90 | 26,40 | 58,60 | 62,35 | 87,54 | 94,69 | 98,37 | 100,0 |
| X(aju) | 0,09 | 4,79 | 7,80 | 11,99 | 17,91 | 26,38 | 58,51 | 62,37 | 87,88 | 94,70 | 98,09 | 100,0 |
| Resíduo | -0,00 | -0,01 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | 0,02 | 0,09 | -0,02 | -0,34 | -0,01 | 0,28 | 000,0 |
| Areia | | b=0,0799 | | c=0,7791 | | r ² =0,9982 | | | | | | |
| X(obs) | 3,45 | 5,87 | 22,88 | 28,43 | 35,40 | 44,31 | 55,97 | 72,03 | 73,75 | 94,68 | 98,90 | 100,0 |
| X(aju) | 3,46 | 5,89 | 22,89 | 28,43 | 35,39 | 44,27 | 55,91 | 71,96 | 73,89 | 94,75 | 98,81 | 100,0 |
| Resíduo | -0,01 | -0,02 | -0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | -0,14 | -0,07 | 0,09 | 000,0 |
| Soledade | | b=0,083 | | c=0,7798 | | r ² =0,9995 | | | | | | |
| X(obs) | 13,75 | 21,56 | 27,01 | 33,15 | 54,13 | 69,18 | 81,56 | 90,45 | 94,71 | 98,22 | 98,74 | 100,0 |
| X(aju) | 13,74 | 21,55 | 26,99 | 32,37 | 54,92 | 69,68 | 81,54 | 90,03 | 94,15 | 97,87 | 98,41 | 100,0 |
| Resíduo | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,78 | -0,79 | -0,50 | 0,02 | 0,42 | 0,56 | 0,35 | 0,33 | 000,0 |
| Sousa | | b=0,055 | | c=0,7905 | | r ² =0,9645 | | | | | | |
| X(obs) | 0,13 | 7,88 | 9,87 | 14,88 | 21,73 | 22,96 | 48,21 | 67,07 | 80,28 | 96,27 | 97,86 | 100,0 |
| X(aju) | 0,12 | 7,86 | 9,84 | 14,84 | 21,66 | 22,85 | 48,35 | 67,25 | 80,38 | 96,05 | 97,57 | 100,0 |
| Resíduo | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | -0,14 | -0,18 | -0,10 | 0,22 | 0,29 | 000,0 |
| João Pessoa | | b=0,1137 | | c=0,7390 | | r ² =0,9998 | | | | | | |
| X(obs) | 2,04 | 3,63 | 6,14 | 27,57 | 35,93 | 42,68 | 67,39 | 82,28 | 89,95 | 94,41 | 99,40 | 100,0 |
| X(aju) | 2,04 | 3,63 | 6,14 | 27,57 | 35,92 | 42,50 | 67,68 | 82,38 | 89,96 | 94,33 | 99,10 | 100,0 |
| Resíduo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,18 | -0,29 | -0,10 | -0,01 | 0,08 | 0,30 | 000,0 |

Tabela 3. Estimativas das intensidades das precipitações em (mm.dia⁻¹) a partir da Equação 2

| Localidades | Y=99 | Y=99,5 | Y=99,9 | Y=99,95 | Y=99,99 |
|----------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Campina Grande | 44,25 | 53,38 | 79,68 | 94,21 | 138,98 |
| Areia | 53,15 | 63,02 | 89,85 | 104,00 | 145,82 |
| Soledade | 67,28 | 79,95 | 114,24 | 132,29 | 185,52 |
| Sousa | 85,74 | 99,30 | 136,09 | 155,30 | 211,61 |
| João Pessoa | 75,30 | 93,32 | 145,11 | 173,72 | 262,23 |

CONCLUSÕES

As informações apresentadas neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. A técnica da análise de intensidade de chuva pela curva normalizada da precipitação auxilia na tomada de decisão do dimensionamento de obras hidráulicas, estima o escoamento superficial em bacias hidrográficas e estuda as cheias e os processos erosivos do solo.

2. A intensidade da precipitação correspondente a qualquer ponto sobre a CNP é inversamente proporcional à inclinação da tangente nesse ponto.

3. Para todas as localidades, a chuva de projeto (coluna 5 da Tabela 3) pode ser estimada em cerca de 30% da máxima precipitação observada.

4. Se uma região for pluviometricamente homogênea, será possível apresentar-se os resultados de trabalhos, similares a este, em função do período de retorno da chuva ou da vazão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANANTHAKRISHNAN, R.; SOMAN, M.K. Statistical distribution of daily rainfall and its association with the coefficient of variation of rainfall series. **International Journal of Climatology**, New York, v. 9, p. 485 - 500, 1989.
- CHOW, V.T. A general for hydrologic frequency analysis. **Transactions of American Geophysical Union**, Richmond, v. 32, n. 2, p. 231-237, 1951.
- GARCEZ, L.N. **Hidrologia**. 2. ed São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291p.
- HARRISON, M.S.J. Rain day frequency and mean daily rainfall intensity as determinants of total rainfall over the eastern Orange Free State. **Journal of Climatology**, New York, v. 16, n. 3, p. 35-45, 1983.
- HERSHFIELD, D.M. Estimating the probable maximum precipitation. **Journal of the Hydraulic Division**, New York, ASCE, v. 87, n. HY5, p. 99-116, 1961.
- HERSHFIELD, D.M. Method for estimating probable maximum rainfall. **Journal of American Water Association**, New York v. 57, n. 8, p. 965-972, 1965.
- OLASCOAGA, M.J. Some aspects of Argentina rainfall, **Tellus**, Stockholm, v. 4, n. 2, p. 312-318, 1950.
- PFRAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro: DNOS, 1957. 419p.
- PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE F.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 278p.