

## A INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO VOLUME DOS RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL NO ESTADO DA BAHIA

**Juliana Farias Araujo<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Civil (UEFS), Bolsista de Iniciação Científica FAPESB. E-mail: julianafariaz1996@gmail.com

**Eduardo Henrique Borges Cohim Silva**

Professor Titular, Departamento de Tecnologia, UEFS, Feira de Santana- BA. E-mail: edcohim@gmail.com

### RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de contribuir para a melhoria dos métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento de água de chuva, de forma que foi estudada a maneira de como uma variável independente, isoladamente, interfere no dimensionamento de volume de reservatórios. Essa variável é a distribuição anual das chuvas e, para que fosse realizado este estudo, foi calculado o GCP - grau de concentração das precipitações anuais - para as 7 (sete) cidades baianas estudadas. Além de calcular essa grandeza estatística, foi analisado como ela interfere no volume dos reservatórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dimensionamento, GCP, reservatório.

### INTRODUÇÃO

É fundamental estudar a variabilidade da distribuição espaço-temporal das chuvas para os diversos setores econômicos, seja para a agricultura, seja para a pecuária, seja para as construções, seja para a determinação de volume de reservatórios de água pluvial e para tantas outras áreas que dependem diretamente do regime pluviométrico para seu desenvolvimento. Afinal, o conhecimento dessa característica pode orientar a tomada de decisões sobre as medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes da irregularidade dessa variável.

Em particular, será estudado, neste trabalho, a variação das chuvas no Estado da Bahia (localizada na região Nordeste do Brasil e ocupando uma área de 564.733,177 km<sup>2</sup>) que apresenta um cenário com alta variabilidade na precipitação pluvial, decorrente da união de diferentes sistemas meteorológicos que atuam nessa região, tais como, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos (VCAN), Sistemas Frontais (FPA), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), ondas de leste, brisas marítimas/terrestres e ventos vale/montanha, bem como de um relevo constituído por planícies, vales, serras e montanhas, (BARSOSA 2000; BRAGA, et al. 1998).

Devido à essa grande variabilidade espacial e temporal das precipitações, é fundamental o melhor aproveitamento da água de chuva, a qual é considerada uma fonte alternativa no que diz respeito ao uso da água para fins potáveis ou não potáveis. Assim, este trabalho tem como objetivo contribuir para a melhoria dos métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento de água de chuva, de forma que há uma desconfiância da uniformidade da capacidade das cisternas definidas em 16 mil litros no Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – PIMC, no início de 2011, a qual é baseada na demanda de uma família média de cinco pessoas em um período de 280 dias.

Para a contribuição dos métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento de água das chuvas, estudaremos a maneira como uma variável independente, isoladamente, interfere no dimensionamento do volume dos reservatórios. Essa variável é a distribuição anual das chuvas e, para que fosse realizado este estudo, foi calculada o GCP, que indica o grau de concentração das precipitações anuais. Além de calcular essas grandezas, foi analisado como elas interferem no volume de reservatórios.

A outra grandeza estatística utilizada para avaliar a distribuição das chuvas foi o Grau de Concentração da Precipitação (GCP). Essa escolha ocorreu porque ela é capaz de identificar a heterogeneidade temporal na precipitação. Essa grandeza já foi utilizada por Zhang e Qian (2003), quando analisaram as características da distribuição espacial e temporal e variação de precipitação em uma região da China. Ela também já foi utilizada por Li et al. (2011), em que se estudou a variabilidade espacial e temporal de precipitação em Xinjiang, na China, em que foi possível constatar que a precipitação no norte da região foi mais dispersa dentro de um ano do que no sul.

## OBJETIVO

Este trabalho possui como objetivo geral estudar a maneira que a distribuição anual das precipitações interfere no dimensionamento dos reservatórios de água pluvial.

## METODOLOGIA OU MÉTODOS UTILIZADOS

Para que fosse calculada a distribuição anual das chuvas, foi necessário obter séries diárias, mensais e anuais de precipitação, coletadas em postos distribuídos espacialmente no estado da Bahia, disponíveis no HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA) e no BDRH (Banco de Dados de Recursos Hídricos, do Inema (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia).

Os 7 (sete) postos estudados apresentam valores de médias de precipitações anuais bem próximas, na faixa entre 723,90 mm/ano até 757,60 mm/ano. Esses postos serão exibidos a seguir, com suas respectivas precipitações médios anuais (TABELA 1):

**TABELA 1: Indica a precipitação média anual dos postos pluviométricos**

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm/ano)
Ibotirama	723,9
Santa Bárbara	730,2
Palmas de Monte Alto	734,5
Saúde	735,3
Brotas De Macaúbas	745,1
Serrinha	746,2
Cândido Sales	757,6

Calculou-se o valor médio da precipitação das 7 (sete) cidades, o valor do desvio padrão desses mesmos valores, afim de que fosse possível calcular o coeficiente de variação, em que se encontrou o valor de 1,54% para o coeficiente de variação, comprovando que os dados de precipitação são homogêneos, ou seja, eles apresentam variação pequena em torno da média (738,97 mm/ano).

A escolha por esses postos justifica-se porque o objetivo deste estudo é avaliar a interferência das distribuições das chuvas no tamanho do reservatório. Assim, houve a necessidade de se trabalhar com valores fixos concernentes a outras variáveis, quais sejam, *área de telhado*, *demanda*, *precipitação média anual* e *confiabilidade ou nível de risco aceitável* (percentual de dias em que a demanda é plenamente atendida em um dado período de análise) (COHIM, 2013). Dessa forma, foi importante buscar valores próximos de precipitações médias anuais para que fosse possível manter essa variável fixa no estudo. Além dela, foram fixadas outras variáveis, como: área de telhado como 80 m<sup>2</sup>, confiabilidade como 90%. Realizou-se o estudo para três valores demanda (50 l/dia, 70 l/dia, e 90 L/dia).

A fim de que fossem realizadas as simulações de volume de reservatório de águas pluviais, utilizou-se o Software Netuno (Ghisi; Cordova, 2014). Esse programa utiliza dados de precipitações em uma base diária e sua metodologia baseia-se em modelos comportamentais, ou seja, a simulação é feita para um conjunto de variáveis conhecidas. Nesse módulo, combinações de variáveis podem ser criadas rapidamente, de modo que, em estudos cujo número de simulações é elevado, o tempo de preparação dos dados, simulação e análise pode ser reduzido. Foi necessário fixar alguns parâmetros, como: área utilizada de 80 m<sup>2</sup>, descarte escoamento inicial: 0 mm, percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 100%; coeficiente de escoamento superficial: 0,8.

Para realizar o cálculo do GCP (grau de concentração de precipitação) para os 7 (sete) postos pluviométricos, partiu-se do pressuposto de que as precipitações mensais são grandezas vetoriais, orientadas em um círculo trigonométrico, em que a direção destes vetores é determinada em função do mês de ocorrência, em que cada mês assume um valor de 30°. Assim, o mês de janeiro fica com o ângulo de 0° e dezembro com o ângulo de 330°, sendo que a abrangência de cada

mês é de (+/-) 15°. O valor do GCP varia de 0 a 1, sendo que os valores próximos a 0 representam chuvas mais distribuídas ao longo do ano, enquanto que valores próximos a 1 indica a concentração das chuvas em um curto período.

Utilizam-se as seguintes equações (equações 1, 2, 3,4) para calcular o GCP (LI et al., 2011):

$$R_i = \sum r_{ij} \quad \text{Equação (1)}$$

$$R_{xi} = \sum r_{ij} \cdot \sin \theta_j \quad \text{Equação (2)}$$

$$R_{yi} = \sum r_{ij} \cdot \cos \theta_j \quad \text{Equação (3)}$$

$$\text{GCP}_{ij} = \frac{\sqrt{R_{xi}^2 + R_{yi}^2}}{R_i} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que,  $i$  é o ano da série histórica,  $j$  representa o mês,  $r_{ij}$  demonstra a precipitação de um mês de um determinado ano e o  $\theta_j$  é o ângulo representa ao mês que se está estudando.

No decorrer da realização do estudo, adotou-se que para determinar o GCP para um dado posto selecionado é necessário calcular as médias de precipitações para cada mês da série histórica e em seguida calcular o GCP com essas médias. Em seguida, construíram-se gráficos no Excel, os quais analisavam a GCP *versus* volume do reservatório para cada demanda. As conclusões obtidas com esse estudo serão discutidas mais adiante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados os valores de GCP com o auxílio do Microsoft Excel e estes resultados estão presentes na Tabela 2, a seguir:

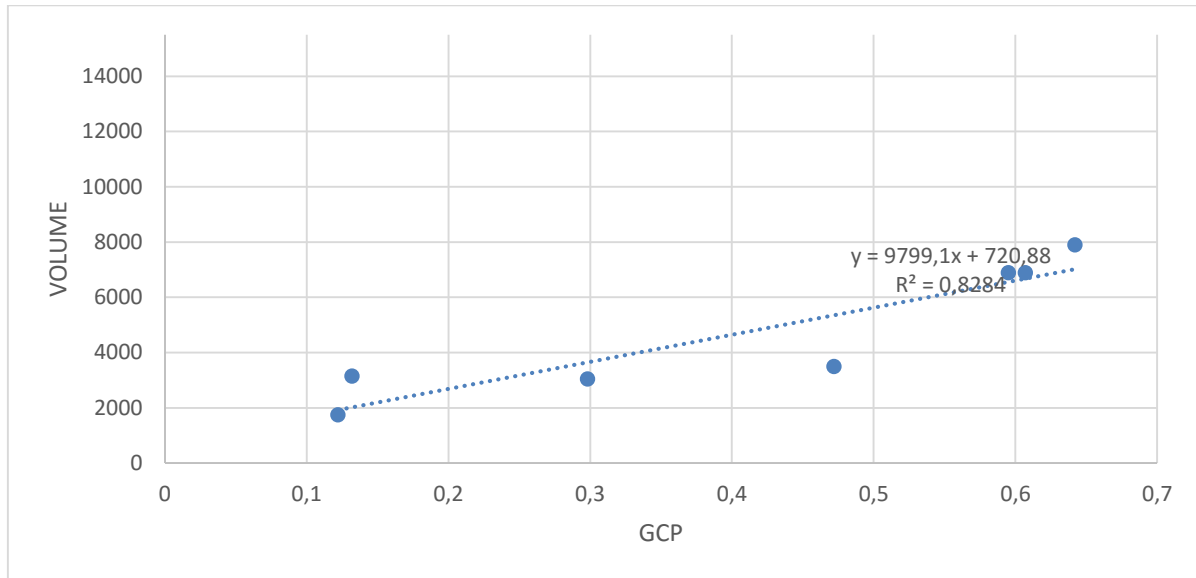
**TABELA 2: Relação dos postos pluviométricos com seus respectivos valores de GCP**

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS	GCP MÉDIA MENSAL
Ibotirama	0,607
Santa Bárbara	0,132
Palmas de Monte Alto	0,642
Saúde	0,298
Brotas De Macaúbas	0,595
Serrinha	0,122
Cândido Sales	0,472

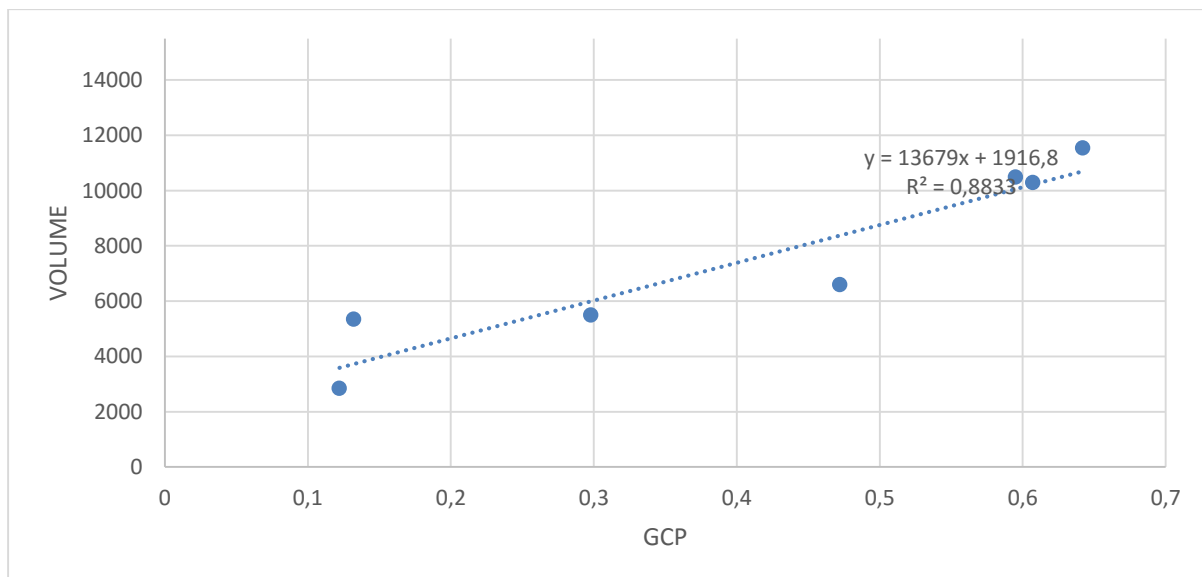
Da mesma maneira que se calcularam grandezas estatísticas para os valores de precipitação, foi calculado a média dos valores de GCP, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Encontrou-se o valor médio de GCP como 0,41 e o coeficiente de variação como 54,91%. Percebe-se que o valor do coeficiente de variação do GCP é alto e esse fato era uma exigência do trabalho, afinal busca-se estudar a interferência da variação do Grau De Concentração da Precipitação na determinação do volume dos reservatórios de água pluvial, assim fazem-se necessários valores bem distintos de GCP para que o estudo seja mais abrangente.

Após essa etapa, foram feitos e analisados 3 (três) gráficos que relacionam os GCP calculados com o volume do reservatório encontrado no Netuno. O gráfico 1 analisa GCP versus Volume para a demanda de 50 l/dia. O gráfico 2 faz a mesma análise para a demanda de 70 l/dia e o gráfico 3 para a demanda de 90 l/dia. Esses gráficos são exibidos a seguir:

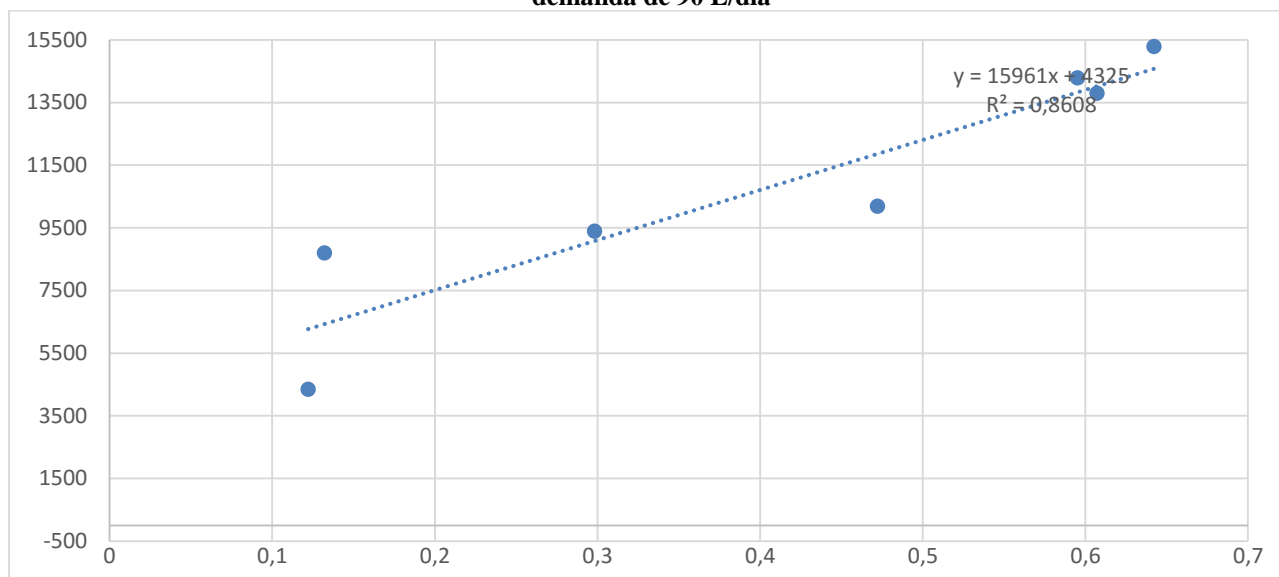
**GRÁFICO 1: Relação entre os GCP calculados e o volume (m<sup>3</sup>) para os 7 (sete) postos pluviométricos para demanda de 50 L/dia**



**GRÁFICO 2: Relação entre os GCP calculados e o volume (m<sup>3</sup>) para os 7 (sete) postos pluviométricos para demanda de 70 L/dia**



**GRÁFICO 3: Relação entre os GCP calculados e o volume (m<sup>3</sup>) para os 7 (sete) postos pluviométricos para demanda de 90 L/dia**



Percebe-se que os 3 gráficos apresentam linhas de tendências lineares com valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) bem elevados (maiores do que 0,8), mostrando que, de fato, existe uma relação entre o GCP com o volume de reservatório.

Pode-se concluir com a interpretação dos dados apresentados nos gráficos que correlacionam GCP com o volume que, para uma dada confiabilidade e com os valores de demanda fixos, quanto maior o valor do GCP, maior será o volume dos reservatórios de água pluvial encontrado a partir do Software Netuno. Esse comportamento pode ser exemplificado ao analisar o gráfico GCP *versus* Volume para uma demanda de 90 l/dia, em que o valor encontrado no Software Netuno para o GCP de 0,642 corresponde a 15300 m<sup>3</sup> enquanto o encontrado para o GCP de 0,122 corresponde a 4350 m<sup>3</sup>. Esse comportamento é o esperado, afinal quanto maior o valor do GCP maior concentração das precipitações anuais. Dessa forma, é necessário armazenar a água em reservatórios para que se possa usar esse bem em períodos de estiagem. Isso acontece, principalmente, em locais que não dispõem de outra fonte de abastecimento de água.

Além disso, percebeu-se que os volumes encontrados para o GCP de 0,595 e de 0,607 são bem próximos e em algumas situações existiu um pequeno decréscimo de valor do volume para o GCP de 0,595 (Brotas de Macaúbas) para o volume para o GCP de 0,607 (Ibotirama). Esse comportamento não é esperado, mas pode ser explicado devido à pequena variação nos valores de precipitação média anual, em que o posto de Brotas de Macaúbas apresenta uma precipitação média anual de 745,1 mm/ano e o posto de Ibotirama de 723,9 mm/ano.

## CONCLUSÃO

Considera-se, dessa forma, que o estado da Bahia apresenta uma grande variabilidade da distribuição espaço-temporal das chuvas e que o estudo dessa variável é fundamental para o melhor aproveitamento da água pluvial, principalmente, para melhor dimensionar os reservatórios de águas das chuvas. Assim, é fundamental estudar como a distribuição anual das chuvas interfere no dimensionamento dos reservatórios, a partir de grandezas estatísticas o GCP- grau de concentração da precipitação.

A partir deste estudo, percebe-se que quanto maior o GCP, em uma dada confiabilidade e numa dada demanda, maior será o valor do volume encontrado no programa Netuno. Esses resultados apontam para a necessidade de se armazenar a água no período chuvoso, para que possa ser utilizada em períodos de estiagem, culminando na necessidade de maiores reservatórios.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, D.V.N. Os Impactos da Seca de 1993 no Semiárido Baiano: Caso de Irecê. Salvador: SEI, 2000. In: BRAGA, C.C; MELO, M.L.D; MELO, E.C.S. Análise de Agrupamento Aplicada a Distribuição da Precipitação no Estado da Bahia. 10º Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília-DF. *Anais...* Sociedade Brasileira de Meteorologia. p.1857-62, 1998.

Braga, C. C.; Melo, M. L. D.; Melo, E. C. S. Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no Estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. CD-Room.

COHIM, Eduardo. O volume único das cisternas rurais é adequado? *Apresentação oral no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves-RS, 2013.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. *Netuno: Manual Do Usuário*. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)> Acesso em: 23.dez.2015.

LI, X.; JIANG, F.; LI, L. WANG, G. Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. *Int. J. Climatol.* 31: 1679–1693, 2011.

ZHANG, L. J.; QIAN, Y. F. A study on the feature of precipitation concentration and its relation to flood-producing in the Yangtze River Valley of China. *Chinese journal of geophysics.* 47: 709-718, 2003.