

AVALIAÇÃO DA PLANILHA PMPCALC COMO FERRAMENTA DE PREVISÃO DE PRECIPITAÇÕES EXTREMAS E ANÁLISE DE RISCO – ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA - BA

*Ícaro Anselmo Nascimento de Carvalho*¹; *Andrea Sousa Fontes*²

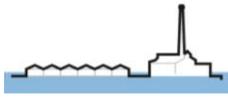
RESUMO – A necessidade de prever eventos extremos de precipitação, bem como calcular os seus riscos e tempo de retorno é uma realidade, e se mostra imprescindível para uma boa gestão e planejamento urbano, especialmente para detecção de áreas de risco e vulnerabilidade à escorregamentos de encostas e alagamentos. Dessa forma, é de extrema importância o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem nos cálculos e nas análises desses eventos, e que sejam compatíveis com os dados disponíveis para tal análise. Assim, objetiva-se com esse estudo avaliar a planilha PMPCalc, desenvolvida pelos autores desse artigo, em linguagem VBA no tocante ao cálculo da PMP, Risco Hidrológico, e Tempo de Retorno, com aplicação na área de estudo de Feira de Santana-BA. A planilha foi desenvolvida para fazer uma análise estatística de uma série histórica, e dessa forma, obter a PMP por meio das envoltórias de Hershfield (1965), metodologia recomendada pela WMO (2009). A planilha processou bem os resultados, que por sua vez foram apresentados de forma rápida, e com análises complementares via gráfico. Conclui-se que o uso da planilha PMPCalc pode economizar tempo, minimizar os erros e auxiliar análises e estudos na área de previsão de precipitações extremas e análise de risco.

ABSTRACT– The need to forecast extreme precipitation events, as well as to calculate their risks and Time of Return is a reality, and it is essential for good urban management and planning, especially for the detection of risk areas and vulnerability to slopes and flooding. Thus, it is extremely important to develop tools that assist in calculating and analyzing these events, and that are compatible with the data available for such analysis. The objective of this study is to evaluate the PMPCalc spreadsheet, developed by the authors of this article, in VBA language with regard to the calculation of the PMP, Hydrological Risk, and Time of Return, with application in the study area of Feira de Santana-BA. The spreadsheet was developed to make a statistical analysis of a historical series, and thus, obtain the PMP through the envelopes of Hershfield (1965), methodology recommended by WMO (2009). The spreadsheet processed the results well, which in turn were presented quickly, and with complementary analyzes on graphs. It is concluded that the use of the PMPCalc spreadsheet can save time, minimize errors and assist analysis and studies in the area of extreme precipitation forecasting and risk analysis.

Palavras-Chave – PMP, risco hidrológico, VBA.

1) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – CETEC. Tv. Primeira Brejinhos, Cruz das Almas - BA, 44380-000- (75)3621-4314
icaro.anc@gmail.com

2) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – CETEC. Tv. Primeira Brejinhos, Cruz das Almas - BA, 44380-000- (75)3621-4314
andreafontes@ufrb.edu.br



1 - INTRODUÇÃO

O processo de urbanização se torna cada vez mais perceptível ao observar o desenvolvimento dos grandes centros urbanos e os seus arredores. As consequências desse processo, quando há falhas na gestão e planejamento urbano são diversas, dentre elas, o crescimento constante das cidades e a ocupação desenfreada, aliados à falta de infraestrutura, se mostram as mais preocupantes.

Sabe-se que eventos extremos de chuva são processos naturais, e que eventualmente irão ocorrer. Dessa forma, é de extrema importância que o município adote medidas, estruturais e não estruturais adequadas para que num processo de precipitação elevada, as consequências negativas sejam mínimas, uma vez que existe uma associação direta entre eventos extremos e perdas de bens econômicos e até mesmo, em casos mais graves, de vidas humanas.

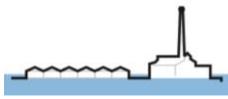
Ao analisar impactos decorrentes da chuva em Recife-PE, Souza *et al* (2012) verificou que é frequente a ocorrência de alagamentos e escorregamentos. Já Medeiros (2013), estudou quatro desastres naturais associados a chuvas extremas, que culminaram em escorregamentos e alagamentos, utilizando análises estatísticas básicas com os dados de pluviômetros das regiões correspondentes. Nesses estudos, mostra-se que as regiões atingidas possuíam em sua maioria, habitações irregulares, sujeitas a vulnerabilidade, pois encontravam-se instaladas em área de risco.

Feira de Santana, localiza-se no estado da Bahia, e apresenta-se como sendo um grande centro comercial e industrial da região. Possui uma área de 1.304,425 km², e no último Censo realizado (2010), contava com uma população de 556.642 pessoas. Entretanto, estima-se que no ano de 2020, haja um a população estimada de 619.609 pessoas, apresentando um crescimento de 11,31% em relação à 2010 (IBGE), evidenciando ainda mais esse processo de urbanização.

A cidade também possui um histórico de alagamentos, inclusive nos centros comerciais, como mostra a reportagem do dia 23/01/2020, realizada pelo site de notícias G1, da GLOBO (2020), onde a chuva causou diversos estragos e fez diversos moradores perderem as suas casas.

Os processos para o cálculo da PMP quando realizados manualmente, demandam uma série de passos e rotinas para tratamento de dados que elevam consideravelmente o tempo de cálculo para cada estação individualmente. Além disso, esse processo está sujeito a falhas e incertezas, uma vez que a análise visual dos dados pode trazer facilmente erros para os cálculos, visto que na maioria das séries históricas disponíveis das estações, é comum a existência de falhas de dados, e a falta de atenção ou excesso de passos pode facilmente transmitir esses erros para a análise.

Nesse contexto, calculou-se a Precipitação Máxima Provável (PMP), Risco Hidrológico e Tempo de Retorno, no município de Feira de Santana – BA, com o objetivo de avaliar a geração desses resultados e usabilidade da planilha PMPCalc, desenvolvida em linguagem Visual Basic (VBA), no ambiente do software Microsoft Excel.



2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Precipitação Máxima Provável (PMP).

De acordo com “*Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)*”, publicado pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 2009), a precipitação máxima provável consiste num valor teórico máximo de precipitação, para uma duração de tempo específica, em uma bacia hidrográfica.

O manual ainda enumera os seis principais métodos de cálculo, que seguem:

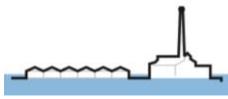
- a) Método local: maximização de tempestades locais, utilizando-se dados de dentro da área da bacia;
- b) Método da transposição: transposição de uma tempestade próxima para área de estudo;
- c) Método da combinação: maximização temporal e espacial, e combinação de duas ou mais tempestades;
- d) Método inferencial: utilização de um modelo espacial em 3-D e então equações físicas para uma tempestade;
- e) Método generalizado: estima-se a PMP para uma grande área com tempestades distribuídas homogeneamente;
- f) Método estatístico: utiliza-se séries históricas de pluviômetros e faz-se uma análise da distribuição de frequências das precipitações máximas.

Como para a área de estudo não foi possível acessar dados meteorológicos necessários para calcular a PMP por outras metodologias, escolheu-se utilizar o método estatístico, devido à fácil aplicação e utilização de séries históricas, uma vez que os dados das séries encontram-se disponíveis para download em sites como o hidroweb, desenvolvido pela ANA (Agência Nacional de Águas).

2.2 – Risco Hidrológico e Tempo de Retorno.

Nessa análise, o Risco Hidrológico corresponde à probabilidade de excedência, associado a determinado valor de precipitação, para esse caso, os valores de PMP encontrados. Ou seja, a probabilidade existente daquele valor (PMP) ser igualado ou excedido, em um ano qualquer, tendo como base a série histórica de máximas anuais utilizada no cálculo.

Já o Tempo de Retorno, é definido como o intervalo médio de tempo em anos, que decorre entre dois valores de precipitação máxima, iguais ou superiores à PMP, subsequentes (Collischonn e Dornelles, 2015). Matematicamente, é definido como o inverso da probabilidade de excedência.



3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver a planilha PMPCalc, os autores optaram por utilizar a linguagem de programação Visual Basic (VBA), integrada ao Excel, desenvolvida pela empresa Microsoft com o objetivo de facilitar processos e controles em planilhas.

A planilha PMPCalc calcula automaticamente a PMP utilizando método estatístico, seguindo as recomendações da WMO (2009), utilizando o fator de frequência “K” local, e o fator de frequência “K” para as envoltórias de Hershfield (1965), além de permitir o usuário avaliar via gráfico duas possíveis análises para o Tempo de Retorno e Risco Hidrológico, considerando a distribuição de Gumbell e também a distribuição Log-Normal, ambas comparadas com equações de estimativas empíricas de probabilidade de excedência de Weibull, muito utilizada nos Estados Unidos e também por Gringorten. (Meyland et.al 2012, apud Collischonn e Dornelles, 2015).

O diferencial da planilha é que ela possui uma interface amigável, com comandos simplificados representados por botões, e opera de forma similar a um software. Além disso, ela realiza o cálculo independentemente da quantidade de anos disponíveis da série histórica, bastando apenas que o usuário copie as colunas correspondentes a data e máximas mensais, da planilha da estação para a planilha PMPCalc, e então pressione o botão “calcular”.

No seu cálculo, a planilha PMPCalc faz a ordenação de máximas anuais, duas verificações simultâneas de erros, analisando quais anos possuem falhas (anos sem meses ou meses sem dados) e quais não possuem, e desses anos disponíveis sem falha, a planilha seleciona os 30 anos de dados mais recentes, e faz o cálculo da PMP a partir desse conjunto, além de plotar os gráficos. A interface da planilha para a entrada de dados, com o botão de calcular e o botão de limpar a planilha segue conforme Figura 1, e a aba de saída de dados pós cálculo, segue como na Figura 2:



Figura 1 – Imagem da interface para a entrada de dados da planilha PMPCalc (próprio autor, 2020).

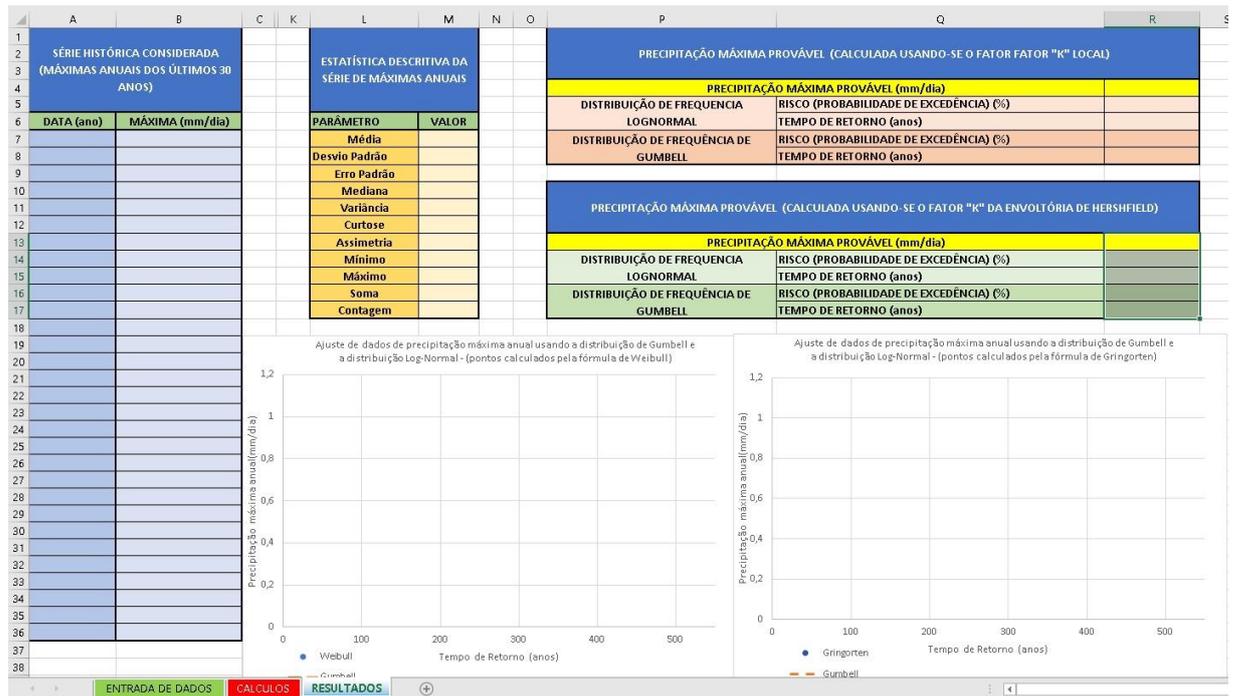
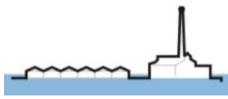


Figura 2 – Imagem da interface com a saída de dados dos resultados da planilha PMPCalc (próprio autor, 2020).

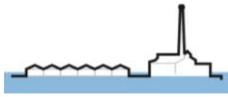
Para o cálculo, utilizou-se os dados da estação pluviométrica localizada em Feira de Santana, de código 01238028, operada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A série histórica utilizada possui dados compreendidos entre 01/07/1936 até 01/02/1990, totalizando teoricamente 54 anos de dados. Ao processar os dados no programa, resultou-se em uma quantidade total de anos sem erros de 48 anos. Entretanto, o programa usará os 30 anos mais recentes sem erros para calcular, representados na Tabela 1, com suas respectivas chuvas máximas diárias, para cada ano.

Tabela 1 – Relação de anos e seus respectivos valores de máximas diárias anuais

Ano	Máxima Diária Anual (mm/dia)	Ano	Máxima Diária Anual (mm/dia)
1987	42,2	1971	33,2
1985	75	1970	119,6
1984	40,2	1969	75,6
1983	33,4	1967	57,6
1982	72	1965	96
1981	78	1964	62
1980	61	1963	57,5



XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas

Outubro/2020 – Porto Alegre/RS

1979	44	1962	72,4
1978	75,4	1961	52,2
1977	68	1960	72,5
1976	59	1959	33
1975	55,8	1958	80
1974	52,2	1957	55
1973	54	1956	56
1972	53,6	1955	173

Fonte: Próprio autor, 2020

Foram gerados também os quadros (Quadro 1 e Quadro 2) com os respectivos resultados da PMP, Risco e Tempo de Retorno, para os fatores de distribuição de frequência “K” local e da envoltória de Hershfield.

Quadro 1 – Calculo da PMP para o fator K local, utilizando a planilha PMPCalc.

Precipitação Máxima Provável (PMP) utilizando-se o fator “K” local		
Precipitação máxima provável (mm/dia)		190
Distribuição Log-Normal	Risco (%)	0,000800532
	Tempo de Retorno (Anos)	1.249
Distribuição de Gumbell	Risco (%)	0,001715081
	Tempo de Retorno (Anos)	583

Fonte: Próprio autor, 2020.

Quadro 2 – Calculo da PMP para o fator K utilizando as envoltórias de Hershfield, utilizando a planilha PMPCalc

Precipitação Máxima Provável (PMP) utilizando-se o fator “K” por Hershfield		
Precipitação máxima provável (mm/dia)		423
Distribuição Log-Normal	Risco (%)	3,83403E-08
	Tempo de Retorno (Anos)	26.082.246
Distribuição de Gumbell	Risco (%)	3,57441E-08
	Tempo de Retorno (Anos)	27.976.682

Fonte: Próprio autor, 2020.

A escolha da melhor distribuição entre Gumbell e Log-Normal por sua vez, poderá ser feita analisando os gráficos, também gerados automaticamente pela planilha PMPCalc, conforme mostrado abaixo na Figura 3:

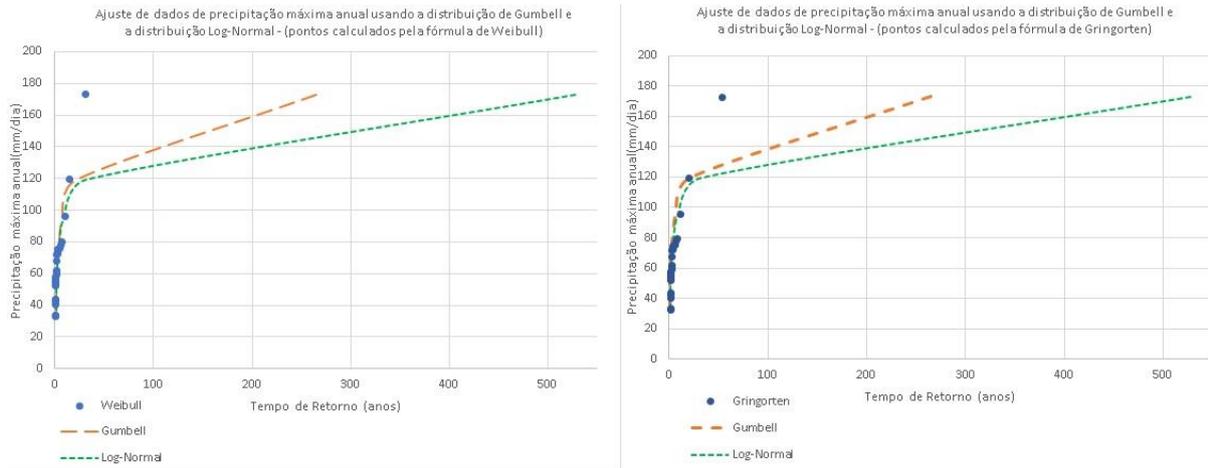
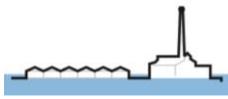


Figura 3 – Gráficos comparando Gumbell e Log-Normal, para as distribuições de Weibull e Gringorten, gerados pela planilha PMPCalc (próprio autor, 2020).

Desse modo, conclui-se que pelo ajuste entre as curvas e os pontos, para essa série a melhor distribuição, tanto para Weibull quanto para Gringorten, seria a de Gumbell. Desse modo, os resultados para o estudo, encontram-se resumidos na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Resultados selecionados após cálculo na planilha PMPCalc, para a PMP, Risco Hidrológico e Tempo de Retorno na cidade de Feira de Santana - BA

	PMP (mm/dia)	Risco (%)	Tempo de Retorno (anos)
“K” local	190	1,715081 E-03	583
“K” Hershfield	423	3,57441 E-08	27.976.682

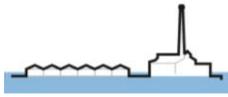
Fonte: Próprio autor, 2020

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a planilha PMPCalc é uma ferramenta que permite investigar a qualidade de séries históricas com facilidade, e também calcular a PMP com certa velocidade, mostrando-se eficiente nesse sentido. Além disso, traz uma rápida avaliação de Risco e Tempo de Retorno, que pode ajudar no estudo prévio para dimensionamentos, análises de viabilidade e pesquisas na área.

Com esse processo automatizado PMPCalc, é possível realizar uma série de avaliações e verificações, tanto quanto a disponibilidade e qualidade de dados, quantidade de anos, em um curto espaço de tempo, quando comparado ao processo manual de cálculo

Vale salientar que ao decorrer do estudo, foi possível notar que é necessário um investimento maior na área de coleta de dados e monitoramento meteorológico, instalações de pluviômetros e afins, uma vez que as medidas estruturais necessitam de valores de chuva ou vazão razoáveis, para um dimensionamento o mais preciso possível, afim de garantir o funcionamento correto dessas estruturas, especialmente no tocante à drenagem urbana.



REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Hidroweb. Sistema de informações hidrológicas*. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br> >. Acesso em: 01 de novembro de 2019.
- Chuva alaga ruas de Feira de Santana e causa estragos em casas; choveu 53 mm em 1 hora - G1. 23/01/2020. Disponível em < <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2020/01/23/chuva-alaga-ruas-de-feira-de-santana-e-causa-estragos-em-casas-choveu-53-mm-em-1-hora.ghtml> > Acessado em 10/09/2020.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. (2015). *Hidrologia para engenharia e ciências ambientais*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 346 p.
- HERSHFIELD, D. M. “*Method Estimating the probable maximum precipitation*”. Journal Am. Water Works Association. Vol.57, pg. 965-972, 1965
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Informações sobre o município de Feira de Santana -BA*. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/feira-de-santana/panorama>>. Acessado em 10/09/2020.
- MEDEIROS, V. S. (2013). “*Análise estatística de eventos críticos de precipitação relacionados a desastres naturais em diferentes regiões do Brasil*”. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SOUZA, W. M; DE AZEVEDO, P. V.; DE ARAÚJO, L. E. (2012). “*Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE*”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 2, p. 250-268
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation - PMP*. Geneva: 2009. 291 p.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem ao programa de bolsas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de estudos PIBITI, auxílio financeiro, que possibilitou a dedicação ao desenvolvimento desse trabalho.