



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

JOSÉ EDVALDO DE OLIVEIRA FILHO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

RECIFE
2019.1

JOSÉ EDVALDO DE OLIVEIRA FILHO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA RELAÇÃO IDF PARA AS
CIDADES DE BARREIROS, CARUARU E PETROLINA POR MEIO DA
REGRESSÃO LINEAR**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do Professor Marcus Metri Corrêa

**RECIFE
2019.1**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48d Oliveira Filho, José Edvaldo de
de Determinação dos parâmetros da relação IDF para as cidades
de Barreiros, Caruaru e Petrolina por meio da regressão linear / José
Edvaldo de Oliveira Filho. – 2019.
13 f. : il.

Orientador: Marcus Metri Corrêa.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –

Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,
Recife,
BR-PE, 2019.
Inclui referências.

regressão
1. Chuvas - Frequência da intensidade 2. Análise de
3. Distribuição de Gumbel I. Corrêa, Marcus Metri, orient.
II. Título

CDD 630

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DA RELAÇÃO IDF PARA AS CIDADES DE BARREIROS, CARUARU E PETROLINA POR MEIO DA REGRESSÃO LINEAR

Aluno: José Edvaldo de Oliveira Filho

Orientador: Marcus Metri Corrêa

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	05
2. OBJETIVOS	06
2.1. Objetivo Geral	06
2.2. Objetivos Específicos	06
3. REFERENCIAL TEÓRICO	07
4. METODOLOGIA	08
4.1. Coleta de Dados	08
4.2. Análise de Dados	08
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	09
6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	11
7. CONCLUSÕES	11
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

1. INTRODUÇÃO

As equações de chuvas intensas, também são conhecidas como RELAÇÕES IDF – Intensidade, Duração e Frequência, tem grande importância em obras hidráulicas, tais como vertedouros de barragens, galerias pluviais, terraços (conservação do solo), etc. Além disso, as chuvas intensas, ou extremas, são precipitações que ocorrem de forma irregular e geram grandes volumes de água em curtos intervalos de tempo, onde tais equações darão a possibilidade de se prevenir na ocorrência de eventos extremos e suas consequências.

O projeto de obras hidráulicas em drenagem na agricultura, depende do levantamento de uma série de informações hidrológicas. Dentre as informações hidrológicas, o conhecimento das equações de intensidade, duração e frequência (IDF's) é fundamental para o cálculo das chuvas máximas de projeto.

As precipitações de projeto são aquelas associadas a um tempo de recorrência e a uma duração determinada. Tradicionalmente, as IDF's são determinadas através de dados pluviográficos. No entanto, a falta de uma série longa e contínua de dados pluviográficos, ou mesmo a inexistência desses dados, levam muitos hidrólogos a utilizarem metodologias alternativas, muitas vezes baseadas em longas séries de dados pluviométricos.

O método da Regressão Linear está entre a metodologia que proporciona a determinação de equações IDF's a partir de uma série histórica anual de precipitações pluviométricas máximas diárias. Essa metodologia apresenta grande potencial de aplicação no território brasileiro, uma vez que a rede pluviométrica brasileira é muito maior que a rede pluviográfica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Aplicar o método da Regressão Linear para determinação das equações de intensidade, duração e frequência (IDF) para os municípios pernambucanos de Barreiros, Caruaru e Petrolina.

2.2. Objetivos Específicos

- Pesquisar uma série histórica consistida de precipitações disponíveis de observações diárias para algumas estações das cidades de Barreiros, Caruaru e Petrolina;
- Obter as precipitações máximas possíveis de serem igualadas ou superadas a cada 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 500, 1000 e 10000 anos;
- Analisar de forma estatística utilizando a distribuição de Gumbel (máximos) na determinação das relações IDF de precipitações intensas;
- Avaliar a qualidade dos ajustes da distribuição estatística utilizando o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, com nível de significância de 1%;
- Desagregar os dados de chuva de um dia, permitindo assim a geração das séries de chuvas com durações de 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos para posterior estimativa das chuvas intensas nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 500, 1000 e 10000 anos;
- Aplicar a regressão linear, preparando a tabela da intensidade de precipitação (mm/h) a partir das chuvas desagregadas de acordo com os respectivos tempos de retorno (T_r);
- Achar os valores dos parâmetros: n , b , m e K .

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme descrito em Tucci (2004), as equações de intensidade – duração – frequência (IDF) podem ser resumidas por uma expressão genérica da seguinte maneira:

$$i = \frac{K \times T_r^m}{(t + b)^n}$$

Onde i é a intensidade de precipitação, normalmente dada em mm/h; T_r é o tempo de retorno, em anos; t é a duração da precipitação, em minutos, e “ b ”, “ K ”, “ m ” e “ n ” são parâmetros a serem determinados para cada local.

Para a análise estatística foi utilizada a distribuição de Gumbel. Segundo Naghettini (2007) a distribuição de Gumbel (máximos) é a distribuição extrema mais usada na análise de frequência de variáveis hidrológicas, com inúmeras aplicações na determinação de relações IDF de precipitações intensas.

A função de probabilidades acumuladas da distribuição de Gumbel é dada por:

$$P(X \geq x_i) = 1 - e^{-e^{-y_{TR}}}$$

Em que:

y_{TR} – variável reduzida de Gumbel

$$y_{TR} = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

$$x_{TR} = \bar{X} + (0,78 \cdot y_{TR} - 0,45)S, \quad \bar{X} - \text{Média amostral; } S - \text{Desvio Padrão.}$$

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) é um teste não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas. A estatística do teste KS é dada por:

$$|\Delta F|_{\text{calculado}} \leq |\Delta F|_{\text{tabelado}}(n, \alpha)$$

Em que:

F – frequência de ocorrência ($P(X \geq x_i)$)

n – tamanho da amostra

α - nível de significância

Através da metodologia da CETESB, observada em SOUZA et al., 2012; PEREIRA, et al., 2016; SILVA e OLIVEIRA, 2017, foram utilizados coeficientes para

desagregar as chuvas máximas de diferentes tempos de retorno em chuvas de menor duração, como 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 min.

4. METODOLOGIA

4.1. Coleta de Dados

Para o município de Barreiros obtiveram-se dados históricos de 30 anos de precipitação através do Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), no caso da cidade de Caruaru utilizou-se a série histórica consistida de precipitações, disponíveis na página (web) da ANA, com uma série de precipitação de 41 anos de observações diárias para a estação de código 00835106, onde o período de observação utilizado foi o disponível entre os anos de 1978 e 2018, por fim, em relação ao município de Petrolina, os dados foram extraídos do banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), foi selecionada a estação pluviométrica (Código 4, Longitude: -40,5175 e Latitude: -9,3992) que apresentou maior série histórica (1911-2019).

4.2. Análise de Dados

Na aplicação da regressão precisou-se dividir a Equação Geral em duas equações:

$$C = K \times T,^n \quad (\text{Equação I}) \quad \text{e} \quad i = \frac{C}{(t + b)^n} \quad (\text{Equação II}), \text{ onde tal}$$

equação sofreu linearização, houve uma correspondência com a equação de regressão obtida $Y = a - nX$ para achar o valor do parâmetro “n” em que o outro parâmetro “b” escolheu-se por tentativa e erro até ser encontrado o maior R^2 , o qual é utilizado para validar a qualidade do ajuste da distribuição estatística, onde espera-se uma tendência ao valor 1 (um). Tal coeficiente determina a proporção da variância nos valores experimentados que podem ser atribuídos aos observados.

O valor de C o qual não é parâmetro foi achado por $10^a = C$, onde tal valor correspondeu-se a cada Tempo de Retorno, portanto foram construídos 12 gráficos respectivos, logo no primeiro gráfico já ficou definido o valor de “b” e “n”.

De posse dos valores de C, a equação 1 foi linearizada, portanto houve uma correspondência com $Y = a + mX$ para se achar o valor do parâmetro “m” em que o outro parâmetro “K” calculou-se por $10^{(a)} = K$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de Gumbel mostrou-se adequada para o município de Caruaru no que se refere à estimativa da precipitação máxima avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, obteve-se que a diferença máxima observada entre a distribuição de frequência empírica e a teórica foi de 0,103982, valor esse menor que o valor crítico de 0,25 estabelecido pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para um nível de significância de 1%.

Foram estimadas as precipitações máximas diárias para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 500, 1000 e 10000 anos, conforme demonstrado na Tabela 1, além de ser apresentada a intensidade de precipitação (mm/h) a partir das chuvas desagregadas de acordo com os respectivos tempos de retorno (T_r).

Chuva	T_r (ano)	5 min	10 min	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
47,1	10000	400,8	318,3	238,7	196,5	132,7	75,8	56,9	37,9	22,3	13,1
45,4	1000	316,1	251,0	188,2	154,9	104,7	59,8	44,8	29,9	17,6	10,3
43,8	500	290,6	230,7	173,0	142,4	96,2	55,0	41,2	27,5	16,2	9,5
42,1	100	231,2	183,6	137,7	113,3	76,6	43,7	32,8	21,8	12,9	7,5
40,5	50	205,5	163,2	122,4	100,7	68,0	38,9	29,1	19,4	11,4	6,7
38,8	30	186,5	148,1	111,1	91,4	61,7	35,3	26,4	17,6	10,4	6,1
37,1	25	179,7	142,7	107,0	88,0	59,5	34,0	25,5	17,0	10,0	5,9
35,4	20	171,3	136,0	102,0	83,9	56,7	32,4	24,3	16,2	9,5	5,6
33,7	15	160,4	127,3	95,5	78,6	53,1	30,3	22,7	15,1	8,9	5,2
31,9	10	144,8	115,0	86,2	70,9	47,9	27,4	20,5	13,7	8,0	4,7
30,0	5	117,2	93,0	69,8	57,4	38,8	22,1	16,6	11,0	6,5	3,8
28,0	2	75,5	59,9	44,9	37,0	25,0	14,2	10,7	7,1	4,2	2,4

Tabela 1 - Precipitações máximas diárias (mm) estimadas pela distribuição de Gumbel e as intensidades de precipitação

Os valores dos parâmetros “n” e “b” foram encontrados a partir da primeira regressão linear feita correspondente ao T_r de 10000 anos com suas intensidades de precipitação estimadas as quais serviram de dados para construção do gráfico ilustrado na Figura 1, já o “b” foi escolhido por tentativa e erro, onde encontrou-se o maior R^2 , no valor de 0,9992, tal parâmetro também auxiliou na construção do gráfico

em que foi somado aos valores do tempo de chuvas com duração de 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 e 1440 minutos.

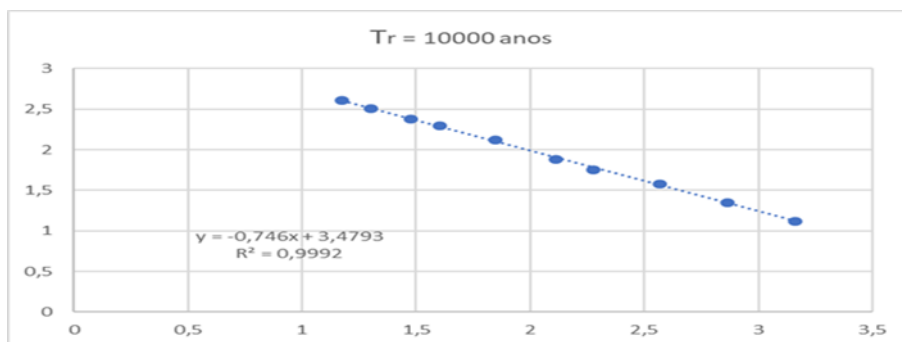


Figura 1 – Linha de tendência com a equação de Regressão Linear e R^2

Neste primeiro gráfico foi encontrado também o valor de C, procedimento o qual ocorreu em mais onze gráficos relativos às T_r restantes e tais valores auxiliaram no gráfico final ilustrado na Figura 2, além da equação de regressão utilizada para achar os últimos parâmetros “m” e “K”.

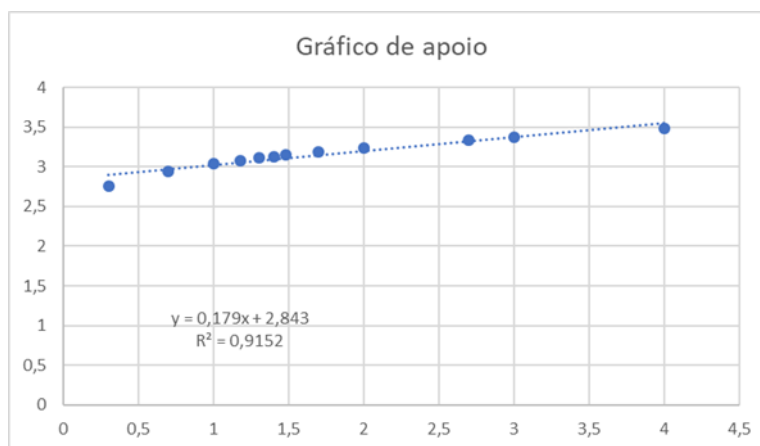


Figura 2 – Linha de tendência com a equação de Regressão Linear

São apresentados os valores encontrados dos parâmetros $n = 0,746$, $b = 10$, $m = 0,179$ e $K = 696,6$, após ajustes utilizando a metodologia proposta anteriormente.

Para os municípios de Barreiros e Petrolina foi seguido a mesma metodologia e por analogia os mesmos procedimentos apresentados nos resultados para a cidade de Caruaru, portanto partindo-se da série de dados de Barreiros e do teste de Kolmogorov-Smirnov, foi constatado que o modelo de distribuição de Gumbel se adequou aos dados de precipitação, representando os valores de precipitação máxima do município ao nível de significância de 1%. Os coeficientes da equação de IDF obtidos foram: $K = 771,26$, $m = 0,0075$, $b = 10$ e $n = 0,746$, com coeficiente de determinação R^2 , no valor de 0,9992.

Já para a cidade de Petrolina a equação de chuvas intensas obtida ($K = 728,954$, $m = 0,1527$, $n = 0,7389$ e $b = 9$) se ajustou adequadamente aos dados observados ($R^2 = 0,9992$) demonstrando que a metodologia empregada é adequada para estimar a relação IDF do município de Petrolina.

6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

- Levantamento de dados de chuvas nos municípios localizados no Estado de Pernambuco ($N > 20$ anos);
- Testar a distribuição de probabilidade que se ajusta aos dados de chuva;
- Determinação das equações de chuvas intensas para os respectivos municípios;
- Reuniões semanais para discussão dos avanços obtidos;
- Redação de relatório de atividade e artigo científico.

7. CONCLUSÕES

Para a estação pluviométrica da Cidade de Caruaru, a distribuição de Gumbel mostrou-se adequada representando estimativas dos valores das precipitações máximas no nível de significância de 1%, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A equação de chuva intensa determinada neste trabalho, por meio do método da Regressão Linear, apresentou bons ajustes, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,90. Tal equação representa uma grande contribuição para a cidade de Caruaru, sendo uma boa alternativa para atender aos projetos hidrológicos com período de retorno de até 10000 anos.

A equação de intensidade-duração-frequência determinada neste trabalho, para o município de Barreiros-PE, é de extrema importância para a região, pois permite o correto dimensionamento de obras hidráulicas. O município, e toda a região da Zona da Mata Sul de Pernambuco, vem sofrendo nos últimos anos com chuvas intensas que ocorrem geralmente entre os meses de maio e julho.

O modelo de probabilidade de Gumbel mostrou-se adequado para a realização da estimativa das chuvas intensas, no município de Petrolina-PE e diversos períodos de retorno.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de estagiar na área hidrologia permitiu obter conhecimentos complementares que serão úteis na minha atividade profissional. Foi possível nesse tempo submeter três trabalhos técnicos no XI Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, sendo o trabalho aceito para a apresentação e a publicação de um artigo em revista científica.

O Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) foi bastante importante academicamente para minha formação, pois foi nesse momento, como estudante da graduação, vivenciei de forma mais intensa a praticidade da área de atuação a qual escolhi e a partir daí decidir de forma categórica sobre a possibilidade de continuar na Hidrologia, com demais objetivos os quais pretendo alcançar futuramente, em especial, a busca por um mestrado neste ramo, portanto particularmente só tenho a destacar aspectos positivos sobre a obrigatoriedade do estágio o qual teve a contribuir e muito para minha conclusão de curso, além de ampliar os meus conhecimentos adquiridos na graduação e sob a tutela do meu Orientador o qual me norteou sobre quais caminhos devo seguir da melhor maneira possível, nessa nova jornada a qual se inicia como Engenheiro Agrônomo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal HidroWeb: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. 2019. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

BORGES, G. M. R.; THEEBALDI, M. S. Estimativa da precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. Revista Ambiente & Água, vol. 11, n. 4, p. 891-902, 2016.

LOUREIRO, S. R.; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R. C.; FREDÓ, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no Estado do Pará. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. esp., 83 – 94, 2014.

MELO, V. S.; MEDEIROS, R. M. Entropia da precipitação pluvial no município de Cabaceiras – PB, Brasil. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 10, n.5, p. 952 – 964, 2016.

MIRANDA, C. T. S.; THEBALDI, M. S.; ROCHA, G. M. R. B. Precipitação máxima diária anual e estimativa da equação de chuvas intensas do município de Divinópolis, MG, Brasil. Revista Scientia Agraria, v. 18, n. 4, p. 09-16, 2017.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A.; Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 552 p.2007.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri – Goiás. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13 (suplemento), p.899-905, 2009.

SILVA, C. B.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação Intensidade-Duração-Frequência de chuvas extremas na região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 20, p. 267-283, 2017.

SOUZA, R. O. M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 9, p. 999–1005, 2012.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 943 p.2004.