



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v.8, n.1, p.45-53, jul. 2020

CURVAS DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

SANTOS NETO, E. P.; SARMENTO, A. P.

Palavras-chave: chuva, gumbel, kolmogorov-smirnov, algoritmos heurísticos.

Resumo

A curva de intensidade, duração e frequência (curva IDF) é o método utilizado para se obter a intensidade máxima de precipitação associada a uma determinada duração e a um período de retorno, e este valor é de extrema importância para o cálculo da vazão máxima de projeto, a qual é necessária para dimensionamento de vertedouros, canais, galerias pluviais, bueiros, sistemas de drenagem e de irrigação. Logo, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão sistematizada sobre o cálculo dos parâmetros da curva de intensidade, duração e frequência através do mapeamento sistêmico, tomando como fonte de pesquisa a base de dados CAPES. Os resultados obtidos mostraram que a distribuição probabilística de Gumbel e o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov foram os mais utilizados nos artigos e que ocorreu um crescimento no número de pesquisas principalmente nos últimos 10 anos. No entanto, verificou-se que uma pequena parcela destas aplicaram algoritmos heurísticos na determinação dos parâmetros da curva IDF.

CURVES OF INTENSITY-DURATION-FREQUENCY: A MAPPING STUDY

Keywords: rainfall, Gumbel, Kolmogorov-Smirnov, heuristic algorithms.

Abstract

The intensity, duration and frequency curve (IDF curve) is the method used to obtain the maximum intensity of precipitation associated with a given duration and a return period, and this value is extremely important for calculating the maximum design flow, which is required for sizing of spillways, canals, rain galleries, drains and irrigation systems. Therefore, this paper aims to present a systematic review on the calculation of the parameters of the intensity, duration and frequency curve through systemic mapping, taking as a source of research the CAPES database. The results obtained showed that the probabilistic distribution of Gumbel and the Kolmogorov-Smirnov adherence test were the most used in the articles and that there has been an increase in the number of researches mainly in the last 10 years. However, it was found that a small portion of these applied heuristic algorithms in determining the parameters of the IDF curve.

INTRODUÇÃO

Embora os fenômenos hidrológicos como as chuvas e o escoamento dos rios possam parecer comuns e muito conhecidos, devido à sua irregularidade ao longo do tempo e do espaço, eles podem vir a causar efeitos catastróficos provocando danos materiais e a perda de vidas (PINTO et al., 1976; ALHASSOUN, 2011). Dessa maneira, o conhecimento das características dos fenômenos hidrológicos é fundamental para proporcionar a elaboração de projetos relacionados à utilização dos recursos hidráulicos de forma mais segura, fazendo com que seu estudo deixe de ser uma ciência apenas estudada no âmbito acadêmico para se tornar uma ferramenta imprescindível ao engenheiro (PINTO et al., 1976; SILVA; CÂNDIDO; PIRES; FRANÇA, 2018).

Dentre esses projetos pode-se citar o dimensionamento de drenos, vertedores, obras de proteção contra cheias, barragens, canais, desvios de cursos d'água, galerias pluviais, bueiros, sistemas de drenagem e de irrigação, controle da erosão hídrica do solo, dentre outros (CARDOSO; ULLMANN; BERTOL, 1998; BORGES; THEBALDI, 2016; SILVA; CÂNDIDO; PIRES; FRANÇA, 2018).

Para se dimensionar essas estruturas faz-se necessário conhecer a vazão máxima de projeto, que devido escassez de dados fluviométricos acaba sendo determinada a partir de dados pluviométricos através da intensidade máxima de precipitação, obtida por meio da curva de intensidade, duração e frequência (curva IDF), utilizando-se a metodologia de desagregação de chuvas, da CETESB (1980).

Tendo em vista que essa metodologia engloba uma série de etapas, o presente artigo tem como objetivo apresentar um mapeamento sistêmico, apoiando-se na base de dados CAPES, acerca dos estudos relacionados às curvas IDF, buscando apontar as principais distribuições probabilísticas teóricas utilizadas, os principais modelos de equações IDF, métodos de otimização, testes de aderência e coeficientes para avaliação do ajuste de parâmetros.

MATERIAL E MÉTODOS

Mapeamento sistemático

O Mapeamento Sistemático, também conhecido

como Systematic mapping, é usado para fornecer uma visão geral de uma área de pesquisa, para estabelecer se a evidência de pesquisa existe e para fornecer uma indicação da quantidade de evidência (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Ele consiste em uma busca por literaturas em bancos de dados, através de operadores lógicos (strings) estabelecidos, cujo objetivo é selecionar referências e obter um panorama sobre as pesquisas referentes a um determinado assunto (COSTA; STAUT; ILHA, 2014).

O procedimento baseia-se nas seguintes etapas: definição dos bancos de dados de busca, determinação das strings, aplicação dos filtros (área de estudo, período, idioma etc.), aderência das referências a partir do título, aderência das referências a partir do resumo, snowball sampling (revisão das bibliografias utilizadas nas referências aderentes, a fim de se obter outras referências não selecionadas no mapeamento), exclusão dos artigos repetidos dentro das buscas, análise dos artigos selecionados e apresentação dos resultados obtidos.

Coleta de periódicos na plataforma

Nesta pesquisa, as buscas foram realizadas no banco de dados CAPES, disponível através do servidor da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão. Os operadores lógicos e as strings adotadas foram: combinação 1 (C1), “Intensity-duration-frequency” e “Estimt*”; combinação 2 (C2), “Intensity-duration-frequency” e “Optimization”; combinação 3 (C3), “Intensity-duration-frequency” e “Algorithm”. Após a busca inicial, foram adotados como filtros: o idioma (inglês, espanhol e português), o tipo de periódico (artigos) e o tipo de publicação (artigo de periódico revisado por pares).

Não foram aplicados filtros em relação à “área de conhecimento”, tais como Engenharia, Ciências da Terra, Geografia, no entanto foram aplicados filtros com relação ao tópico para cada combinação, a saber: (C1) environmental sciences, storms, climate, runoff, mathematical models, floods, geography, statistical analysis, engineering, hydrogeology, precipitation, climate change, hydrology, rain e rainfall; (C2) watersheds, simulation, geography, optimization, runoff, precipitation, water resources, models,

statistical analysis, climate change, hydrogeology, floods, mathematical models, hydrology, rain, engineering e rainfall; (C3) storms, models, runoff, climate, water resources, earth sciences, floods, climate change, geography, statistical analysis, hydrogeology, engineering, precipitation, hydrology, mathematical models, rain e rainfall.

Após a aplicação dos filtros, foi feita a leitura dos títulos e resumos para selecionar quais trabalhos eram aderentes e o snowball sampling. Em seguida, a revisão da bibliografia foi desenvolvida a partir do número final de trabalhos aderentes.

Sabendo-se que o objeto de estudo do trabalho é a identificação dos métodos aplicados na determinação das curvas IDF, e tendo em vista as etapas para se

calcular os parâmetros da curva IDF, foi realizado um levantamento de quais distribuições probabilísticas, testes de aderência, fórmulas empíricas, métodos de otimização e avaliações de ajuste, foram mais utilizados na elaboração dos artigos selecionados. Os resultados obtidos, por meio da aplicação do mapeamento previamente descrito e do levantamento realizado com base nos artigos aderentes, são apresentados na forma de tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no mapeamento, foi elaborada a Tabela 1, que quantifica os resultados obtidos para todas as combinações, contendo entre estes o número total de artigos iniciais e aderentes de cada uma e o total de artigos finais aderentes ao tema.

Tabela 1. Resultados obtidos no mapeamento.

Etapas	Objeto de estudo: Curva IDF		
	Expressões-chave		
	Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
Número inicial de artigos na mesma busca	1385	239	284
Número total de artigos após análise de aderência de títulos	176	24	35
Número de artigos após leitura dos resumos e sem repetições na mesma busca	42	7	10
Artigos repetidos entre as buscas		17	
Artigos do Snowball sampling		6	
Total de artigos aderentes ao tema		48	

A partir dos resultados verifica-se que a combinação “Intensity-duration-frequency” e “Estimt*” (C1) foi a que mais retornou resultados sobre o tema, foram 1385 (72,59%) do total de artigos retornados pela busca, enquanto que as demais combinações, “Intensity-duration-frequency” e “Optimization” (C2) e “Intensity-duration-frequency” e “Algorithm” (C3), retornaram 239 (12,53%) e 284 (14,88%), respectivamente.

Após a análise de aderência de títulos e resumos dos trabalhos, a C1 ainda continuou a totalizar o maior número de artigos aderentes, 42 artigos no total, que correspondem a 71,19%, em relação a 7 (11,86%) e 10 (16,95%) das combinações C2 e C3, respectivamente. Feita a exclusão dos artigos repetidos (17 artigos no total) e realizado o snowball sampling (6 artigos) obteve-se um total de 48 artigos aderentes ao tema.

Em relação ao número de publicações, em intervalos de 5 em 5 anos, empregando-se as três combinações de

palavras-chave utilizadas na pesquisa até a data limite de 31 de dezembro de 2019, verifica-se que há um aumento do número de pesquisas a partir do ano de 2000, tendo em vista que nos períodos de 1985 a 1989, 1990 a 1994, 1995 a 1999 só há 1 artigo aderente por período. Esse número então triplica no período de 2000 a 2004 apresentando 3 artigos aderentes, dobra no período de 2005 a 2009 alcançando a marca de 6 artigos aderentes e aproximadamente triplica novamente apresentando 17 artigos aderentes no período de 2010 a 2014, praticamente se igualando no último intervalo, de 2015 a 2019, com 19 artigos aderentes.

Analisando-se de uma perspectiva continental, a América lidera com 50% das publicações, seguida pela Ásia, com 27,08%, somando juntas cerca de 77% do total de artigos selecionados. Os demais 23% dos trabalhos selecionados são compostos pela Europa, Oceania e África, tendo a última apresentado apenas

um artigo aderente.

Em relação aos países, o Brasil é o país que mais apresenta publicações aderentes, com um total de 39,58%, seguido pela Turquia com 10,42% e pela Austrália com 8,33% do total. Outros países apontados no mapeamento foram: Arábia Saudita e Canadá, com 6,25% cada; Índia, Itália, Malásia e República Eslovaca, com 4,17% cada; e Emirados Árabes, Estados Unidos, Grécia, México, República Checa e Zâmbia, com 2,08% cada. A grande porcentagem de publicações brasileiras mostra uma grande relevância em relação ao tema no país e a importância de seu estudo.

Em relação aos periódicos onde esses artigos foram publicados (Tabela 2), verifica-se que a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental e a Revista Água e Ambiente foram as que mais apresentaram publicações, um total de 5 para cada. Quanto ao local de publicação, 37,50% dos artigos foram publicados em revistas nacionais, sendo que 55,5% desses na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental e na Revista Água e Ambiente. Em contrapartida, as revistas internacionais acumularam um total de 62,50% do total de publicações, sendo que 13,33% desses publicados no Journal of Hydrology.

Tabela 2. Quantitativo dos artigos obtidos no mapeamento por periódico.

Periódicos	Número de Artigos Publicados
Arabian Journal of Geosciences	2
Canadian Journal of Civil Engineering	1
Engenharia Agrícola	2
Environmental Earth Sciences	1
Estonian Journal of Earth Sciences	1
Hydrological Processes	3
Ingeniería Investigación y Tecnología	1
International Journal of Climatology	1
International Journal of Sustainable Built Environment	1
Journal of Hydrologic Engineering	2
Journal of Hydrology	4
Journal of Hydrology and Hydromechanics	1
Journal of Hydrology: Regional Studies	1
Journal of King Saud University - Engineering Sciences	2
KSCE Journal of Civil Engineering	1
MATEC Web of Conferences	1
Natural Hazards	2
Pamukkale University Journal of Engineering Sciences	1
Pesquisa Agropecuária Tropical	2
Revista Ambiente & Água	5
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	5
Revista Ciência Agronômica	1
Revista Engenharia na Agricultura	3
Slovak Journal of Civil Engineering	1
SpringerPlus	1
Stochastic Environmental Research and Risk Assessment	1
Theoretical and Applied Climatology	1

Na Tabela 3 estão apresentadas as distribuições probabilísticas utilizadas na determinação da precipitação máxima associada a cada duração e

período de retorno. A distribuição mais utilizada foi a de Gumbel (EV1), 68,75% em relação ao total de trabalhos analisados, seguida pela distribuição

Generalizada de Valores Extremos (GEV) e pela distribuição Log-Person III, com 43,75% e 41,67%, respectivamente. Ressalta-se que os dados apresentados não possuem somatório igual a 100%, tendo em vista que a maioria dos trabalhos analisados apresentam o uso de mais de um tipo de distribuição probabilística, de teste de aderência, de fórmula empírica, de método de otimização ou de avaliação de ajuste ou não apresentam um ou vários desses passos, pois focam seus estudos em uma dessas etapas.

O motivo de tal uso pode ser explicado por Oliveira et al. (2005), que afirmam que as distribuições de valores extremos de grandezas hidrológicas ajustam-se satisfatoriamente à distribuição de Gumbel. No entanto, como pode ser observado em Franco et al. (2014), Dar, Maqbool e Raazia (2016) e Mamoon e Rahman (2017), a distribuição de Gumbel nem sempre pode resultar na melhor opção, podendo ocorrer

melhores ajustes advindos de outras distribuições, como a distribuição GEV e a distribuição de Pearson III para algumas regiões do Catar, da Índia e do Brasil. Além disso, de acordo com AlHassoun (2011), o método Log Pearson III é supostamente mais preciso, pois explica a assimetria na distribuição de dados.

Contudo, algumas dessas distribuições necessitam da determinação de coeficientes próprios para cada conjunto de dados. Assim, o método de obtenção dos coeficientes das distribuições probabilísticas passa a ser um fator significativo, pois pode causar diferenças nos resultados de aderência. Franco et al. (2014) obtiveram em seu estudo por meio da distribuição de probabilidades GEV o ajuste mais adequado utilizando o método dos momentos-L na estimativa dos coeficientes e a para a distribuição Gumbel aplicando-se a máxima verossimilhança.

Tabela 3. Distribuições probabilísticas utilizadas nos artigos.

Distribuições Probabilísticas	Quantidade de Vezes Utilizadas
Distribuição Exponencial	2
Distribuição Generalizada de Fréchet	2
Gamma Generalizado	2
Gamma III (G3)	2
Gamma II (G2)	5
Generalização da Distribuição Logística (GLO)	4
Generalizada de Valores Extremos (GEV)	21
Gumbel (EV1)	33
Kappa	2
Log-Normal (LN)	3
Log-Normal III (LN3)	11
Log-Normal II (LN2)	11
Log-Pearson (LP)	1
Log-Pearson III (LP3)	20
Pareto (GPD)	7
Pearson	2
Person III	8
Wakeby	1
Weibull	4

Na Tabela 4 pode-se verificar quais testes de aderência foram mais utilizados para se determinar a distribuição probabilística mais adequada. De acordo com Franco et al. (2014) os testes de aderência podem variar significativamente para cada distribuição probabilística aplicada, não sendo possível determinar

qual teste é o mais eficiente. O teste mais utilizado foi o teste de Kolmogorv-Smirnov (KS) que apareceu em 39,58% dos artigos selecionados, seguido pelo método do Qui-Quadrado (X^2), com 27,08%. Se levado em consideração o somatório da quantidade de vezes que cada teste foi aplicado, os testes de Kolmogorv-Smirnov

(KS), Qui-Quadrado (X^2) e Anderson Darling (AD) aparecem 40 vezes (num total de 56), o que representa 71,43%.

O equacionamento das curvas IDF ocorre, em geral, de maneira empírica e assim como nos demais tópicos

abordados, não existe uma única equação capaz de se adequar a todos os tipos de chuva. Assim, esta pode variar de acordo com cada região, sendo necessários vários estudos a fim de se determinar qual a melhor equação empírica para o lugar em questão.

Tabela 4. Testes de aderência utilizados nos artigos para avaliar a distribuição probabilística mais aderente.

Testes de Aderência	Quantidade de Vezes Utilizados
Anderson Darling (AD)	8
Bootstrapping	1
Coefficiente de Correlação (CC)	1
Critério Bayesiano de Schwarz (BIC)	1
Critério de Informação de Akaike (AIC)	1
Erro Absoluto Máximo (MAE)	1
Erro Padrão de Estimativa (EPE)	2
Erro Relativo	1
Filliben	2
Kolmogorov-Smirnov (KS)	19
Qui-Quadrado (X^2)	13
Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE)	1
Raiz Relativa Erro Quadrático Médio (RRMSE)	1
Razão de Momentos-L	1
Teste Z	3

As Eq. 1, 2, 3, 4 e 5 foram utilizadas nos artigos aderentes. Nota-se que a quantidade de parâmetros ajustáveis em cada uma varia de 5 (Eq. 2) a 3 (Eq. 4). A Eq. 1 foi a mais utilizada nos trabalhos, um total de 21 vezes, o que representa 43,75%, seguida da Eq. 5, com 14,58%.

$$i_{\max} = \frac{a \cdot T_r^b}{(t+c)^d} \quad \text{Eq. 1}$$

$$i_{\max} = (a \cdot \ln t + b) \cdot (c \cdot t^d - e) \cdot h_{50,2} \quad \text{Eq. 2}$$

$$i_{\max} = \frac{(a \cdot (T_r + b)^c)}{(t+d)^e} \quad \text{Eq. 3}$$

$$i_{\max} = e \cdot (a + b \cdot T_r^c + d \cdot (\ln t)^2) \quad \text{Eq. 4}$$

$$i_{\max} = \frac{a \times T_r^b}{t^c + d} \quad \text{Eq. 5}$$

Os métodos utilizados para determinar os parâmetros da curva IDF são escolhidos de acordo com as variáveis do problema e com a configuração

da equação IDF utilizada. Devido a essa gama de metodologias, algumas delas podem apresentar uma melhor eficiência em relação à outra, obtendo ajustes melhores e com um menor custo computacional.

A Tabela 5 apresenta os métodos de otimização utilizados nos artigos, nela 20,83% do total de trabalhos utilizaram Mínimos Quadrados e 16,67% Gradação Reduzida Generalizada (GRG). No entanto, não se pode afirmar nada a respeito de qual método é mais preciso ou mais eficiente em termos computacionais, já que essas análises raramente foram realizadas. Na maior parte dos trabalhos, tais como os de Damé et al. (2014), Borges e Thebaldi (2016), Almeida, Reis e Mendonça (2017) e Silva et al. (2018), utilizou-se o GRG disponibilizado pela ferramenta Solver do software Excel®.

Outro detalhe importante, referente à análise dos métodos de otimização, é o uso de algoritmos heurísticos na determinação dos parâmetros da curva IDF. Pode-se perceber que apenas 2 do total de trabalhos utilizaram algoritmos heurísticos, o que representa apenas 4,17%. Os algoritmos heurísticos

utilizados foram: o Algoritmo de Enxame de Partículas (PSO), no trabalho de Karahan (2012), e o Algoritmo Genético (AG), no trabalho realizado por Karahan, Ceylan e Ayvaz (2007).

Juntamente com a determinação dos parâmetros da curva IDF, são realizados testes para se verificar o ajuste

da curva. O cálculo desse ajuste, como já mencionado anteriormente, reflete no quão próximo os dados reais estão dos dados estimados, ou seja, o quão adequado é o modelo proposto. Nos trabalhos analisados, pode-se observar que esse cálculo sempre é realizado.

Tabela 5. Métodos de otimização utilizados nos artigos

Métodos de Otimização	Quantidade de Vezes Utilizadas nos Artigos
Algoritmo de Enxame de Partículas (PSO)	1
Algoritmo Genético (AG)	1
Gradação Reduzida Generalizada (GRG)	8
Momentos-L	1
Mínimos Quadrados	10
Chen	1
Regressão Não-linear de Gauss-Newton	2
Sherman-Morrison	1
Regressão Polinomial	1

Juntamente com a determinação dos parâmetros da curva IDF, são realizados testes para se verificar o ajuste da curva. O cálculo desse ajuste, como já mencionado anteriormente, reflete no quão próximo os dados reais estão dos dados estimados, ou seja, o quão adequado é o modelo proposto. Nos trabalhos analisados, pode-se observar que esse cálculo sempre é realizado.

Na Tabela 6, verifica-se que o coeficiente de determinação (R^2) foi o mais utilizado, apresentando um total de 25,00%, em relação ao total de trabalhos, seguido pelo erro relativo, com 8,33%. Esses dois coeficientes mais o índice de concordância de Wilmott (d), a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), somam um total de 52,08% de todos os cálculos realizados.

CONCLUSÃO

1. Ocorreu um aumento significativo nos últimos 10 anos das publicações envolvendo o estudo de curva IDF, chegando a quase quatro publicações por ano;

2. A metodologia envolvendo o cálculo da curva IDF possui uma dinâmica sequenciada de etapas, no entanto há uma grande quantidade de maneiras para se executar cada passo;

3. A distribuição probabilística teórica mais utilizada é a de Gumbel e o teste de aderência mais utilizado é o de Kolmogorov-Smirnov;

4. O uso de algoritmos heurísticos para o cálculo

dos parâmetros da curva IDF é pouco frequente quando comparado aos demais métodos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pela bolsa de fomento.

LITERATURA CITADA

ALHASSOUN, S. A. Developing an empirical formulae to estimate rainfall intensity in Riyadh region. **Journal of King Saud University-Engineering Sciences**, Elsevier, v. 23, n. 2, p. 81–88, 2011.

ALMEIDA, K. N.; REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Emprego dos métodos expeditos de Chow Gumbel e Bell para formulação de equações de chuvas intensas—uma avaliação de desempenho. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 2, p. 203-214, 2017.

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

CARDOSO, C.; ULLMANN, M.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação

Tabela 6: Métodos para avaliação de ajuste dos parâmetros determinados utilizados nos artigos

Ajustes Calculados	Quantidade de Vezes Utilizadas nos Artigos
Acurácia do Método de Chen	1
Coefficiente de Correlação (R)	2
Coefficiente de Desempenho (c)	2
Coefficiente de Determinação (R ²)	12
Coefficiente de Determinação Ajustado (R _{aj} ²)	3
Coefficiente de Eficiência Ajustado (E')	2
Coefficiente de Eficiência de Nash- Sutcliffe (COE)	1
Coefficiente de Variação do Erro Quadrático Médio da Raiz (CV _{RMSE})	1
Desvio Percentual Médio Absoluto (DPMA)	1
Desvio Quadrático Médio (DQM)	1
Erro Absoluto Máximo (MAE)	2
Erro Absoluto Médio (EAM)	1
Erro Padrão de Estimativa (EPE)	1
Erro Padrão de Estimativa (EPE)	1
Erro Quadrático Médio (MSE)	2
Erro Quadrático Total	1
Erro Relativo	4
Índice de Concordância de Wilmott (d)	3
Porcentagem Média da Diferença (D)	1
Qui-Quadrado (X ²)	1
Raiz do erro quadrático médio (RMSE)	3
Raiz Relativa do Erro Quadrático Médio (RRMSE)	1
Soma dos Erros Quadrados	1
Teste F de Variância (F _{est})	1
Teste T de Student	1
Viés Relativo	1

das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, n. 1, p. 131–140, 1998.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Drenagem Urbana**: Manual de projeto. São Paulo, 1980.

COSTA, C.; STAUT, S.; ILHA, M. Projeto de sistemas prediais hidráulicos sanitários com BIM: mapeamento da literatura. In: .[S.l.: s.n.], 2014. p. 2760–2769.

DAMÉ, R. D. C.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F.; VILLELA, F. A.; SANTOS, J. P. D.; WINKLER, A. S. Analysis of the relationship intensity, duration, frequency of disaggregated daily rainfall in southern

Rio Grande do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 660-670, 2014.

DAR, A. Q.; MAQBOOL, H.; RAAZIA, S. An empirical formula to estimate rainfall intensity in Kupwara region of Kashmir valley, J and K, India. In: EDP SCIENCES. **MATEC Web of Conferences**. [S.l.], 2016. v. 57, p. 03-10.

FRANCO, Camila S.; MARQUES, Rosângela F. P. V.; OLIVEIRA, Alisson S.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Distribuição de probabilidades para precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 18, n. 7, p. 735–741, 2014.

KARAHAN, Halil. Determining rainfall-intensity-duration-frequency relationship using Particle Swarm Optimization. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 16, n. 4, p. 667-675, 2012.

KARAHAN, Halil; CEYLAN, Halim; AYVAZ, M. T. Predicting rainfall intensity using a genetic algorithm approach. **Hydrological Processes: An International Journal**, v. 21, n. 4, p. 470-475, 2007.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Citeseer, 2007.

MAMOON, A. A.; RAHMAN, A. Selection of the best fit probability distribution in rainfall frequency analysis for Qatar. **Natural hazards**, Springer, v. 86, n. 1, p. 281–296, 2017.

OLIVEIRA, L. C.; CORTÊS, F. C.; SARMENTO, P. H. L.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no estado de goiás e distrito federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 13–18, 2005.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976.

SILVA, J. B. L.; CÂNDIDO, F. A.; PIRES, L. C.; FRANÇA, L. C. J. NOTA TÉCNICA: EQUAÇÕES DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE CHUVAS MÁXIMAS PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 160-170, 2018.