



VIII Simpósio de
Estudos e Pesquisas em
Ciências Ambientais
na Amazônia

ANAIIS

TRABALHOS COMPLETOS – 2019

VOLUME II

ISSN: 2316-7637





AVALIAÇÃO DO PERFIL DE CIANOBACTÉRIAS PRESENTE EM UM LAGO NO PARQUE AMBIENTAL ANTÔNIO DANÚBIO, MUNICÍPIO DE ANANINDEUA – PA	175
RELAÇÕES TRÓFICAS ENTRE FITOPLÂNCTON E ZOOPLÂNCTON NO RIO GUAMÁ (BELÉM-PA).....	184
TEORES DE As, Ba, Hg, Cu E Ni EM SEDIMENTOS DO IGARAPÉ MACACO E RIO PIRIÁ EM CACHOEIRA DO PIRIÁ- PA.....	192
USO DE BIOCÁRVÃO DE CAROÇO DE AÇAÍ EM SOLO MULTICONTAMINADO DE MINA DE OURO DA AMAZÔNIA ORIENTAL ASSOCIADO AO CULTIVO DE <i>IPOMOEA ASARIFOLIA</i>	201
AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE MANIPUEIRA NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO FEIJÃO-CAUPI (<i>VIGNA UNGUICULATA</i>)	211
O USO DE METAIS PESADOS E CONTAMINAÇÃO DOS BIOMAS BRASILEIROS: UMA ANÁLISE DO CENÁRIO	220
BIOMASSA DE <i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke SOB INOCULAÇÃO BACTERIANA EM REJEITO DE MINERAÇÃO DE COBRE TRATADO	227
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DO ECOSISTEMA MANGUEZAL EM UMA ESCOLA DE NÍVEL FUNDAMENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM - PARÁ	236
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DA GEOGRAFIA: UMA REFLEXÃO ACERCA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO COTIDIANO DA ESCOLA E. E. F.M SEVERIANO BENEDITO DE SOUZA, MUNICÍPIO DE SANTA MARIA DO PARÁ ...	245
A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UM OLHAR VOLTADO À DISCIPLINA DE QUÍMICA	253
ANÁLISE DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ PARICATUBA (PA).....	261
AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO BAIRRO BOA VISTA –MARITUBA-PA.....	271
LEVANTAMENTO E VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DOS IGARAPÉS NOS ARREDORES DO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-MIRI/PA	279
ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DOS FREQUENTADORES DO PARQUE ESTADUAL DO UTINGA E DA POPULAÇÃO AO SEU ENTORNO	290
REVISÃO SISTEMÁTICA ACERCA DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DA ÁGUA	297
CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA: UMA REVISÃO DA SUA EFICIÊNCIA EM BELÉM - PA	309
PILHAS E BATERIAS: DANOS CAUSADOS DEVIDO AO SEU DESCARTE IRREGULAR	320
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE INTENSIDADE DE CHUVA PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA EM MARABÁ-PA	329



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE INTENSIDADE DE CHUVA PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA EM MARABÁ-PA

Gabriel Villas Boas de Amorim Lima¹; Marina Morhy Pereira²; Erika Joana Nabiça Borges³; Ana Catarina Gandra de Carvalho⁴; Rodrigo Silvano Silva Rodrigues⁵

¹ Graduando em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. gabrielvbal@gmail.com.

² Graduanda em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. marinamorhyp@gmail.com

³ Graduanda em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará.
erikanabica10@gmail.com

⁴ Graduanda em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará.
anacatarinagandra@gmail.com

⁵ Prof. Msc. em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. rssr@ufpabr

RESUMO

Um sistema de drenagem urbana deve ser dimensionado pela perspectiva hidrológica da chuva de projeto, evento extremo que possa ocorrer na sua região de implantação. Assim, a escolha do método de mensuração desse parâmetro é essencial na garantia de uma concepção segura, eficiente e não onerosa. Considerando isso, essa pesquisa objetivou analisar os métodos de estimativa de intensidade pluviométrica propostos por Bell (1969) e Souza et al. (2012) para a cidade de Marabá-PA, verificando qual a metodologia mais compatível com sistemas de micro e macrodrenagem e o quão similares suas previsões podem ser entre si. Para isso, foi necessário construir curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência) a partir de uma série hidrológica de 46 anos (1973-2018) obtida no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), comparando-as com a equação de chuvas intensas proposta por Souza et al. (2012) através do índice de concordância de Willmott (1982). Os resultados evidenciaram que o método da equação de chuvas intensas apresenta maiores valores estimados para intensidades com menores taxas de recorrência, onerando sistemas de microdrenagem. Por outro lado, quando comparados para grandes tempos de recorrência, apresentam homogeneidade de resultados, sendo facultativo o uso da equação de chuvas intensas ou das curvas IDF para macrodrenagens. Desse modo, os métodos apresentaram concordância de 89,43%, considerada excelente, podendo, portanto, ser comumente equiparáveis. Por fim, ressalta-se que o uso da equação de chuvas intensas deve ser dosado para evitar sistemas superdimensionados, que deve ser utilizada para sistemas de microdrenagem apenas quando não for possível obter as curvas IDF.

Palavras-chave: Chuva de Projeto. Microdrenagem. Macrodrenagem.

Área de Interesse do Simpósio: Recursos Hídricos.



1. INTRODUÇÃO

Inundações urbanas ocorrem em virtude de falhas no desenvolvimento de projetos de drenagem urbana, que devem ser dimensionados considerando um evento extremo de precipitação pluviométrica (conhecido como chuva de projeto). A partir desse parâmetro, é possível estimar uma vazão máxima de contribuição à bacia do sistema, sendo essencial a verificação apropriada das características hidrológicas do local de interesse para a garantia de requisitos mínimos de segurança, durabilidade e eficiência do sistema (ARISZ E BURREL, 2006). Assim a previsão equivocada dessa chuva de projeto pode desencadear no subdimensionamento do sistema, incorrendo em danos materiais e, por vezes, humanos.

Segundo Bell (1969), o valor desse fator é definido por representações de distribuições estatísticas de dados de precipitação máxima através das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), possibilitando verificar o evento hidrológico mais significativo (tempestade de projeto). Entretanto, embora a literatura disponha de diversos métodos de determinação das curvas IDF, o método desse autor se destaca pela sua facilidade de aplicação, sendo largamente utilizado em estudos brasileiros (OLIVEIRA et al., 2008; SOUZA, AMORIM E TORRES, 2016; TISCHER, 2015).

Todavia, a elaboração de curvas IDF pode ser comprometida em razão da ausência de um banco relevante de séries hidrológicas, usualmente constituído de, no mínimo, 30 anos de observações diárias (TUCCI, 2012). Ademais, a falta de uma rede confiável de monitoramento de chuvas pluviométricas também impacta a confiabilidade dos possíveis resultados gerados pelas curvas IDF, principalmente quando coletados de estações localizadas em áreas remotas. Nesses casos, equações de intensidade de precipitação adaptadas ao local de interesse podem ser alternativas viáveis, auxiliando na determinação segura de vazões de contribuição. Acerca disso, Souza et al. (2012) ajustaram equações de chuva de projeto para 74 estações pluviométricas no estado do Pará.

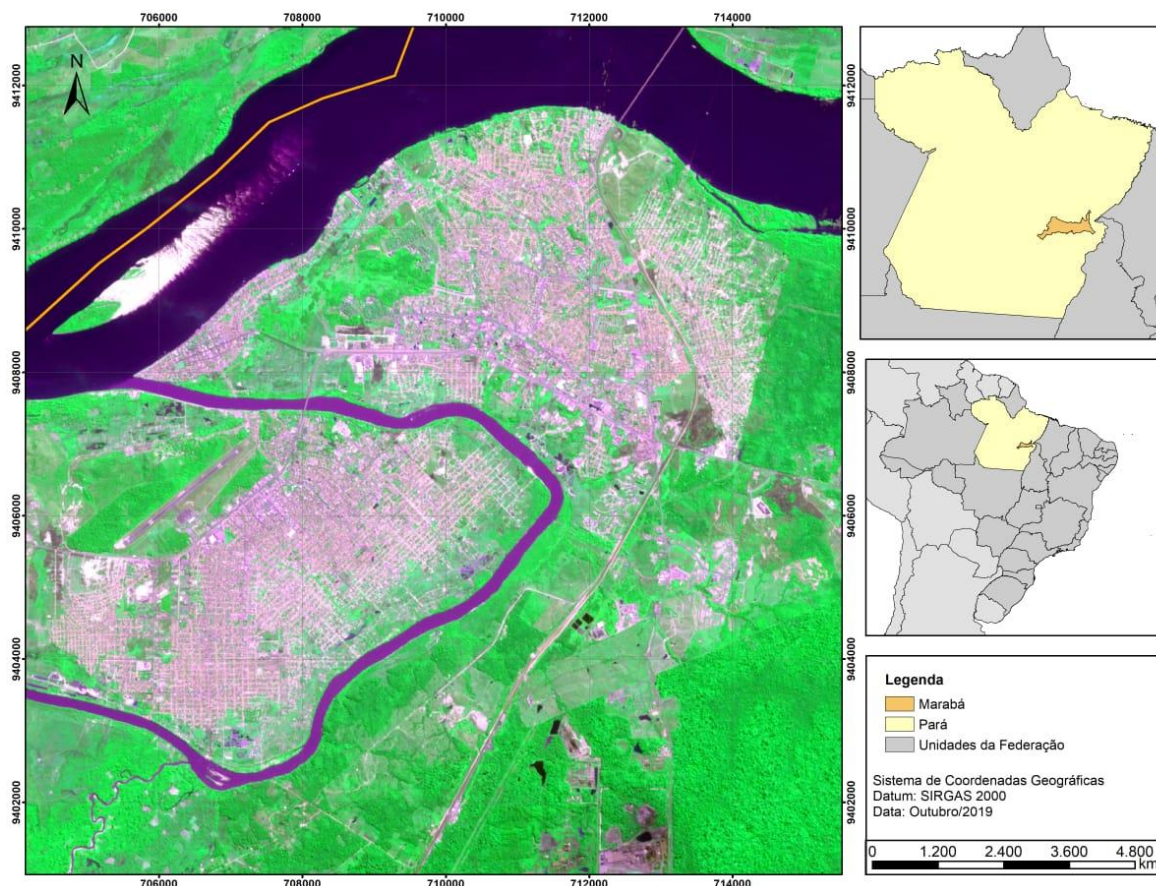
Assim, este estudo comparou os desempenhos dos métodos de Bell (1969) e Souza et al. (2012) quanto à estimativa de chuvas de projeto para o desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana na cidade de Marabá-PA. Esta pesquisa objetivou verificar se os métodos supracitados apresentam resultados similares, auxiliando o projetista de sistemas de drenagem na escolha do método de estimativa de intensidade pluviométrica mais eficiente para a realidade de uma cidade do sudeste do estado do Pará.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Escolheu-se como área de estudo o município de Marabá (Figura 1), localizado na mesorregião do sudeste do estado do Pará, região Norte do Brasil. A cidade está situada em área de relevo acidentado, com altitude média de 84m, localizada nas coordenadas geográficas: 05°21'54"S e 49°07'24"W, (IBGE, 2018).

Figura 1 – Caracterização Geográfica de Marabá.



Fonte: Autores, 2019.

Hidricamente, a cidade está inserida na confluência dos rios Itacaiúnas e Tocantins, constituintes da macrorregião hidrográfica do Tocantins-Araguaia, (SEMA, 2014). O clima é tropical semiúmido (Aw/As), com temperaturas médias mensais entre 22,9°C e 32°C. A umidade relativa do ar varia de 73% a 93%, enquanto a insolação média é de 2.400 h/ano. A velocidade média dos ventos é 1,4m/s, com predominância no sentido Nordeste (NE). Quanto ao regime hidrológico, a região possui um período chuvoso de janeiro a março, ao passo que o período menos chuvoso é observado de julho a setembro (IBGE, 2018).



2.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos da plataforma digital do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que forneceu os valores de precipitação diária da Estação nº 82562, latitude -5.36, Longitude -49,13, altitude 95m. A série hidrológica coletada compreendeu o período de 1973 até 2018, totalizando 46 anos de amostras diárias de precipitação.

2.3 TRATAMENTO DE DADOS

Os dados diários foram agrupados em anos, utilizando apenas os anos hidrológicos (constituídos de, pelo menos, 360 observações diárias). Verificou-se que dos 46 anos, 11 foram descartados em função da insuficiência de observações para constituir um ano hidrológico, resultando na série final: 1973-1975; 1977-1978; 1983-1984; 1986-1988; 1990-1991; 1993-2017, com 13.868 observações diárias. Ressalta-se que, após o refinamento dos dados, a série hidrológica apresentou 37 anos completos, acima do mínimo recomendado, que é de 30 anos (TUCCI, 2012).

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Para obter a Precipitação Máxima Provável (PMP), pode-se utilizar o método de Bell (1969), que a relaciona com uma determinada duração e período de recorrência. Segundo Bertoni e Tucci (2012) e Righetto (1998), o método de Bell (1969) associa a precipitação de uma chuva padrão com duração curta (60 minutos) e forte intensidade, com tempo de recorrência de 2 anos, conhecida como chuva P2.60. A Equação 1 descreve o método:

$$h_{(t;Tr)} = (\alpha \times \ln(T_r + \beta_1)) \times (\beta_2 \times T_d^\gamma - \beta_3) \times h_{(60;2)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde $h_{(t;Tr)}$ é a Precipitação Máxima Provável (PMP) (em milímetros) para uma duração T_d (em minutos) e um período de recorrência T_r (em anos); $h_{(60;2)}$ é a chuva P2.60; α , β_1 , β_2 , β_3 e γ são parâmetros regionais ajustados pelo método dos mínimos quadrados. De acordo com Oliveira et al. (2008), o método só é viável se for possível estimar a chuva P2.60, que pode ser realizado utilizando dados de poucos anos de séries hidrológicas, ou multiplicando a precipitação crítica ($h_{(1 \text{ dia};2)}$), com duração de um dia e período de recorrência de 2 anos, por um fator regional K , como na Equação 2. Foi utilizado o fator K igual a 0,51 proposto por Righetto (1998):

$$h_{(60;2)} = K \times h_{(1 \text{ day};2)} \quad \text{Eq. (2)}$$



Assim, ajustando a Equação 1 aos parâmetros propostos por Righetto (1998) e baseado na análise das estações pluviométricas de vários continentes por Garcia *et al.* (2011), foi obtida a Equação 3:

$$PMP(b) = h_{(t;Tr)} = (0,35 \times \ln(Tr + 0,76)) \times (0,54 \times T_d^{0,25} - 0,50) \times h_{(60;2)}$$

Eq. (3)

Cabe destacar que Gonçalves et al. (2011) restringem a aplicabilidade da equação de Bell (1969) a chuvas com tempo de duração entre 05 e 120 minutos e tempo de recorrência entre 2 e 100 anos. Assim, analisou-se as intensidades máximas de precipitação (PMP) pelas durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 e 120 minutos; E períodos de recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, conforme recomendaram Gonçalves et al. (2011).

A partir da equação de chuva intensa proposta por Souza et al. (2012) (Equação 4), pôde-se calcular as intensidades máximas de precipitação (I, em mm/h) em função das mesmas condições de tempos de duração (Td, em minutos) e de recorrência (Tr, em anos) propostos por Gonçalves et al. (2011), utilizando os coeficientes determinados para Marabá-PA:

$$I = \frac{1242,9246 \times Tr^{0,1057}}{(t_d + 9,7849)^{0,7242}} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em sua metodologia, Souza et al. (2012) utilizaram uma série histórica de 20 anos de dados hidrológicos diários para o município de Marabá-PA, obtida no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Em seu estudo, foram verificados os valores anuais máximos de precipitação diária, ajustando os dados à distribuição de Gumbel, sendo submetida ao teste de Kolmogorov-Smirnov. No mesmo, os autores demonstraram que o modelo obteve um ajuste satisfatório das distribuições de eventos extremos da hidrologia para o modelo. Assim, a comparação entre as duas metodologias foi realizada utilizando o índice de concordância proposto por Willmott (1982), detalhado pela Equação 5:

$$d = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|e_i - e_m| + |o_i - o_m|)^2} \right] \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo d o índice de concordância (em %); o_i e e_i são os valores máximos estimados de chuvas pelos métodos de Bell (1969) e Souza et al. (2012), respectivamente; o_m e e_m são as médias das intensidades estimadas pelos métodos de Bell (1969) e Souza et al. (2012), respectivamente. Para avaliar o índice de concordância de Willmott (1982) para as intensidades, utilizou-se os parâmetros de performance de Camargo e Sentelhas (1997) (Tabela 1):



Tabela 1 – Critérios de avaliação do índice de concordância de Willmott (1982)

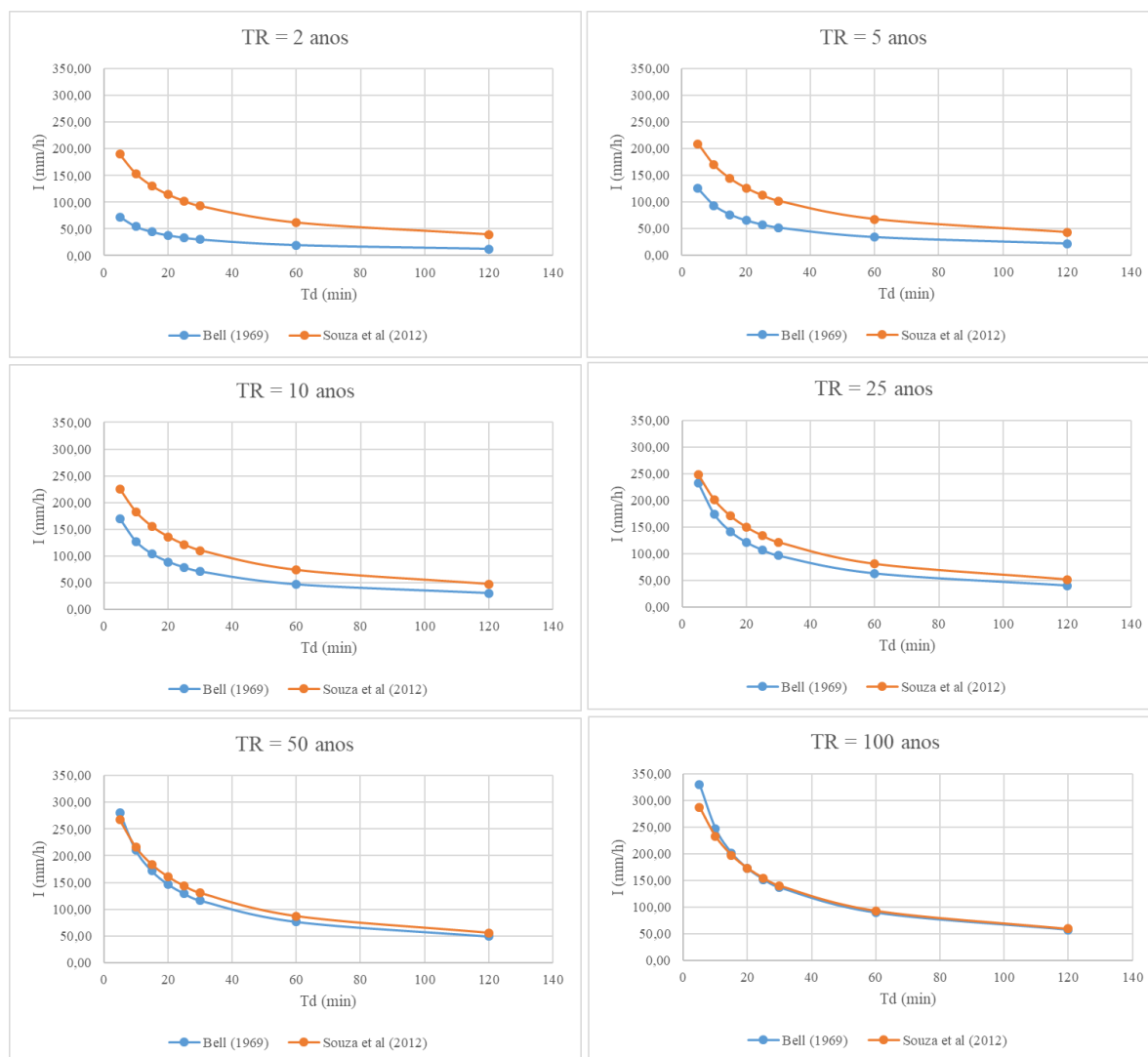
Performance	Muito Ruim	Ruim	Pobre	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
Índice de Concordância (d)	$\leq 40\%$	41% a 50%	51% a 60%	61% a 65%	66% a 75%	76% a 85%	$> 85\%$

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997) (adaptado).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o tratamento dos dados (seção 2.3) e utilização das Equações 2 e 3, elaborou-se a Figura 2, que apresenta as relações entre Intensidade (I) e tempo de duração (Td) calculadas pelos métodos de Bell (1969) e Souza et al. (2012), considerando os tempos de recorrência evidenciados na seção 2.4.

Figura 2 – Intensidade (mm/h) para Marabá-PA, com Tr's de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos



Fonte: Autores, 2019.



A Figura 2 evidencia que, quanto maior o tempo de recorrência adotado (respeitando os limites previstos pelos métodos), mais próximos serão os valores de intensidade estimados por Bell (1969) e Souza et al. (2012). Por exemplo, se analisada uma chuva com Td de 60min e Tr de 2 anos, o método de Souza et al. (2012) apresenta uma intensidade de precipitação (61,80mm/h) aproximadamente quatro vezes maior do que o previsto por Bell (1969) (19,76mm/h). Na prática, o desenvolvimento de um projeto de microdrenagem pelo método de Souza et al. (2012), que normalmente utiliza Tr entre 2 e 10 anos (DEPARTAMENTO..., 1980), implicaria no superdimensionamento do sistema, onerando-o.

Contudo, conforme o Tr aumenta, os resultados de intensidade tendem a ser aproximar, atingindo uniformidade para eventos de chuva com grandes tempos de duração e de recorrência. Tal consideração pode ser útil em projetos de macrodrenagem, que comumente utilizam tempos de recorrência entre 25 e 100 anos (DAEE; CETESB, 1980). Nas mesmas, a adoção do método de Bell (1969) ou de Souza et al. (2012) se tornaria facultativa, pois os resultados de intensidades não apresentam diferenças significativas.

Quanto ao índice de concordância, verificou-se que os métodos obtiveram performance excelente ($d = 89,43\%$). Isso significa que, em geral, os métodos conseguem prever a intensidade de forma não destoante entre si. As discrepâncias evidenciadas entre os métodos podem se dar em virtude do período de abrangência das séries hidrológicas que ambas os métodos utilizaram: enquanto Souza et al. (2012) utilizaram 20 anos de registros diários, este estudo obteve uma série de 46 anos. Tal diferença de períodos incorre diretamente no comportamento da normal hidrológica da região, inferindo que, quanto maior a série utilizada na construção das curvas IDF, maior será a discrepância com a equação de Souza et al. (2012) e, logo, menor será a performance do índice de concordância de Willmott (1982).

4. CONCLUSÃO

A definição da chuva de projeto, quantificada por meio da sua intensidade (em mm/h), é a principal componente hidrológica no dimensionamento de um sistema de drenagem. Dessa forma, os valores de intensidade obtidos variam conforme o método adotado, bem como das condições de comportamento do evento extremo (como os tempos de duração e de recorrência).

Neste estudo, pôde-se comprovar que a equação de chuvas intensas proposto por Souza et al. (2012) mensuram valores de intensidade bem acima do previsto pelo método de curvas IDF proposto por Bell (1969), quando analisados baixos tempos de recorrência. Em termos de



microdrenagem urbana, a escolha do método de estimativa da chuva de projeto pode implicar em um possível superdimensionamento do sistema, tornando a obra mais onerosa. Já em sistemas macrodrenagem, os métodos propostos não apresentam diferenças significativas. Isso pôde ser corroborado com um índice de concordância qualificado como excelente.

Com isso, conclui-se que o método da equação de chuvas intensas é, em geral, aplicável em cenários de dimensionamento de sistemas de macro e microdrenagem, devendo atentar-se nestes últimos a possíveis superdimensionamentos consequentes. Para mitigar tal efeito, é sugerível a realização de outra equação de chuvas intensas a partir uma série hidrológica maior, o que reduziria possíveis discrepâncias entre os métodos.



5.REFERÊNCIAS

- ARISZ, H; BURREL, B. C. **Urban drainage infrastructure planning and design considering climate change**. Proceedings IEEE, EIC Climate Change Conference, p. 1-9. 2006. Disponível em: DOI: 10.1109/EICCCC.2006.277251. Acesso em 16 out. 2019.
- BELL, F. G. Generalized rainfall duration-frequency relationships. **Journal of the Hydraulics Division**, v. 95, n. 1, p. 311-327, 1969.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: edUFRGS, 1993. p. 177-241.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980.
- GARCIA, S. S.; AMORIM, R. S. S.; COUTO, E. G.; STOPA, W. H. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 575-581, 2011.
- GONÇALVES, L. D. **Relações Intensidade-duração-frequência com base em estimativas de precipitação por satélite**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Marabá: panorama**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/panorama>. Acesso em 16 out. 2019.
- OLIVEIRA, L. F. C.; ANTONINI, J. C. A.; FIOREZE, A. P.; SILVA, M. A. S. Métodos de estimativa precipitação máxima para o Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 35, p. 620-625, 2008.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.
- RODRIGUES, M. J. L. **Eventos hidrológicos extremos em Marabá-PA**. Monografia (Graduação em Meteorologia), Universidade Federal do Pará, 2014.
- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. **Gestão das Águas: por um futuro sustentável**. Cartilha informativa. 27p. 2014. Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/CARTILHA_Gest%C3%A3o-das-%C3%81guas-por-um-futuro-sustent%C3%A1vel.pdf. Acesso em 16 out. 2019.
- SOUZA, R. O. R. M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R. Equações de chuva intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, 2012. p. 999-1005.
- TISCHER, L. P. **Equações de chuvas intensas no estado de Roraima**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima, 2015.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: edUFRGS. 944p. 2012.



WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 63, 1982. p. 1309-1313.