

ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NA AVENIDA INOCÊNCIO LIMA, LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE CUSTÓDIA-PERNAMBUCO

STUDY OF THE URBAN DRAINAGE SYSTEM IN AVENIDA INOCÊNCIO LIMA, LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF CUSTÓDIA-PERNAMBUCO

Joyce Leite da Siva¹, Débora Cristina Pereira Valões¹

¹Faculdade de Integração do Sertão – FIS, Serra Talhada-PE, Brasil.

Resumo

O processo acelerado de urbanização e a falta de um planejamento eficiente por parte dos tomadores de decisão, trazem problemas no que diz respeito ao manejo de águas pluviais dos centros urbanos. O problema de alagamento nas cidades ocorre principalmente, devido às obras de infraestruturas como as de pavimentação rodoviária e de urbanização que acabam impermeabilizando o solo e impedindo que haja a infiltração das águas pluviais. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo analisar os problemas de drenagem urbana na Avenida Inocêncio Lima, localizada no município de Custódia-PE, assim como a aplicação de técnicas compensatórias de drenagem urbana, afim de minimizar o alagamento em dias de grandes volumes pluviométricos. Para a realização da pesquisa foi feito um levantamento das condições do sistema de drenagem da via, através de uma visita in loco. Em seguida foi feita uma avaliação do sistema através do cálculo de contribuição de vazão, utilizando sistemas convencionais e o software de geoprocessamento QGIS, onde foram obtidos resultados que demonstram que o sistema de drenagem da via suporta uma vazão menor que a da bacia de estudo, propondo um meio de mitigação, chegando à conclusão que é possível utilizar de meios tecnológicos para a elaboração e compensação de projetos de drenagem.

Palavras-chave: Escoamento superficial. Inundação urbana. Sustentabilidade.

Abstract

The accelerated process of urbanization and the lack of efficient planning on the part of government officials, bring problems with regard to the management of rainwater in urban centers. The problem of flooding in cities occurs mainly due to infrastructure works such as road paving and housing that end up making the soil impermeable and preventing the infiltration of rainwater. Thus, this work aims to analyze the problems of urban drainage on Avenida Inocêncio Lima, located in the municipality of Custódia-PE, as well as the application of compensatory techniques for urban drainage, in order to minimize flooding on days with large volumes of rainfall. To carry out the research, a survey of the conditions of the road's drainage system was carried out, through an on-site visit. Then, an evaluation of the system will be made by calculating the flow contribution, using conventional systems and the QGIS software, where results were obtained that demonstrate that the road drainage system supports a flow smaller than that of the study basin, proposing a means of mitigation, reaching the conclusion that it is possible to use technological means for the elaboration and compensation of drainage projects.

Keywords: Runoff. Urban flooding. Sustainability.

Introdução

As inundações são tão antigas quanto a existência do homem na Terra. Os seres humanos sempre buscaram se beneficiar dos rios para transporte, consumo de água, tanto para si quanto para suas plantações, assim como para dispor seus dejetos. Por isso o homem sempre procurou se localizar perto dos rios, já que os rios têm próximo a si áreas que são geralmente planas e propícias para o desenvolvimento humano (TUCCI, 2017).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, saneamento básico é um conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente para prevenir doenças e promover a saúde, além de melhorar a qualidade de vida da população. Este é um direito assegurado pela constituição a todos os brasileiros, e é definido pela Lei nº 11.445 como sendo um conjunto de serviços: distribuição de água, esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana e o manejo de resíduos sólidos e águas pluviais (BRASIL, 2007).

O aumento populacional em volta de corpos hídricos gera, conseqüentemente, um impacto ambiental negativo resultante da ação antrópica em torno desses rios. O estudo desses impactos que foram decorrentes de alagamentos ou inundações em regiões urbanizadas é de suma importância para assegurar que a realização de atividades realizadas pelo homem não venha a impactar negativamente à sustentabilidade da população que habitam ou que passem a habitar em determinado local. Com o passar do tempo o homem passou a desenvolver técnicas e meio de drenagem para irrigação, com o objetivo de cultivar seus alimentos e criar seus animais (CONAMA, 1986).

As principais conseqüências desse processo de urbanização foram a poluição dos mananciais e o aumento da impermeabilização do solo, sendo esta última, uma das grandes responsáveis pela alteração do ciclo hidrológico (TUCCI, 2017), influenciando diretamente em algumas variáveis, como por exemplo o tempo de concentração das bacias, o aumento da velocidade e do pico de vazão nestes mananciais, e conseqüentemente, a intensificação das inundações ao longo dos anos (SILVA, 2007).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o nordeste do Brasil que compõe uma área de 1,56 milhão de km², obtêm a maior parcela do semiárido do país (IBGE, 2018). Regiões de clima semiárido apresentam índices negativos pelo balanço hídrico, já que as médias das precipitações anuais são menores que 800mm e tem uma variação média de temperatura entre 23°C e 27°C, com uma taxa de evaporação média de 2.000 mm/ano e uma umidade relativa do ar de cerca de 50% (MOURA et al., 2007).

Uma das características do semiárido são as precipitações que acontecem sempre de forma irregular, ocorrendo uma variação em relação ao espaço de um ano para outro. Resultando em coeficientes de escoamento superficial na rede de drenagem muito baixos (ZANELLA, 2014).

Outro agravante que vale ressaltar, é o quesito de gestão pública, tendo em vista que os governantes são os responsáveis pela definição e aplicação dos recursos financeiros, e o que se vê na maioria das cidades brasileiras é a ausência de um plano diretor, que é definido como um instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana (BRASIL, 1988). Quando existem, se quer foram implementados ou estão ultrapassados, como é o caso do plano diretor da cidade de Custódia-PE que por sua vez existe, não passou por um processo de atualização desde o ano de 2006.

Vale frisar que a área de objeto do presente estudo está localizada na região da bacia hidrográfica do rio Moxotó, que é um rio intermitente e condicionado ao período chuvoso, com características sazonais e tem o seu maior nível de água entre os meses de janeiro e março, época das chuvas, que causam transtornos em alguns pontos de drenagem da cidade.

Metodologia

Este trabalho, de acordo com sua natureza da pesquisa, pode ser classificado como artigo qualitativo, uma vez que as práticas desenvolvidas são dirigidas à solução de um problema específico.

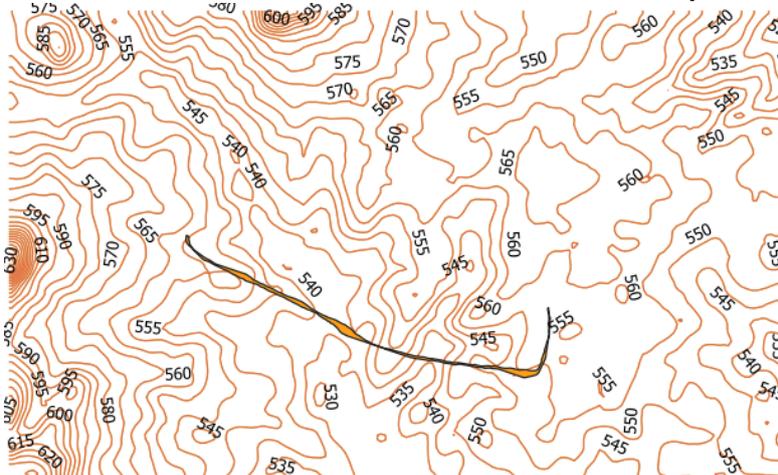
Inicialmente, foi feito um levantamento na área do local de estudo afim de verificar as condições das peças de drenagem da rua. Em seguida, dispendo dos dados e imagens coletados in loco, foi realizada uma simulação à respeito dos pontos de drenagem encontrados.

LEVANTAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

Utilizando o software QGIS, foi caracterizada a área de contribuição e as curvas de nível da microbacia do local de estudo, através da utilização de imagens do *Google Earth Pro*, além do cálculo da vazão de contribuição pelo método convencional.

Também foram extraídas do software QGIS 3.16.11, as curvas de nível com suas respectivas cotas, assim como está em destaque a extensão do trecho em estudo mostrado na Figura 1.

Figura 1- Cotas das curvas de nível da cidade de Custódia, Pernambuco.



Fonte: Qgis 3.16.11 (2021).

Após a coleta desses dados, foram calculados o coeficiente de compacidade (K_c) e o índice de circularidade (I_c), a partir das Equações 1 e 2 abaixo:

$$K_c = 0,28 \cdot P \sqrt{A} \quad (1)$$

$$I_c = 12,57 \cdot A P^2 \quad (2)$$

Onde:

P é o perímetro (Km);

A é a área da bacia (Km²).

Os valores encontrados acima (K_c e I_c) tem como função de caracterizar a bacia com relação ao escoamento e a sua forma geométrica.

Para coeficiente de Compacidade (K_c):

$1,00 \leq K_c \leq 1,25$ – Bacia com tendência a grandes enchentes;

$1,25 \leq K_c \leq 1,50$ - Bacia com tendência a enchentes médias;

$1,5 \leq K_c$ – Bacia com baixa tendência a enchentes.

Para índice de Circularidade (I_c):

$I_c = 0,51$ – Pouca probabilidade de cheias rápidas;

$I_c > 0,51$ - Favorece o processo de inundação;

$I_c < 0,51$ - Favorece o escoamento superficial na bacia. (FERREIRA et. al, 2010)

Além disso, no site da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Climas), foi feita a coleta dos dados pluviométricos, que foi utilizado para o dimensionamento do sistema de microdrenagem da avenida, onde foram obtidos os dados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Monitoramento pluviométrico na cidade de Custódia nos anos 2015 a 2021 (mm).

MONITORAMENTO PLUVIOMÉTRICO NA CIDADE DE CUSTÓDIA NOS ANOS 2015 À 2021 (mm)														
Código	Posto	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
147	Custódia	2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,5
147	Custódia	2016	151,5	117,6	98,4	58	48,5	9	8	-	11	-	-	10
147	Custódia	2017	3	49,2	71,5	208,1	90,4	49,3	62	23,4	9,8	5,9	2,3	16,2
147	Custódia	2018	55,5	157,9	150	129,8	107,4	1	11,8	-	10,2	-	24,3	42,4
147	Custódia	2019	32,6	92,1	158,6	110,8	30,9	53,3	25	13,2	4,9	11,1	53	-
147	Custódia	2020	32,1	62,4	372,6	109,7	145	75,4	33,1	0,3	16,1	3,8	85	0,5
147	Custódia	2021	45	67,4	102,7	78,2	58,5	7,3	73,7	31,8	-	2,1	-	-

Fonte: Dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (2021).

TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para uma gota d'água caminhar superficialmente do ponto mais distante (em percurso hidráulico) da bacia até o seu exutório (Mc-Cuen *et al*, 1984). O tempo de concentração em minutos será obtido pela Equação 3.

$$t_c = 3,89 \frac{0,47^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (3)$$

Onde;

t_c = tempo de concentração em minutos;

L = comprimento do talvegue em quilômetros;

S = inclinação do terreno em m/m.

INTENSIDADE DA CHUVA

Para o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, é fundamental conhecer a intensidade das precipitações em diversas durações de chuva e período de retorno, onde foi possível estimar a intensidade máxima de precipitação no dimensionamento da microdrenagem a partir do tempo de concentração específico para a Bacia do Rio Moxotó.

De acordo com o estudo conduzido por Artur *et al*. (2013) para o cálculo da intensidade de chuva na cidade de Custódia conforme a Equação 4:

$$I = \frac{3112,238 \times Tr^{0,122}}{(t+26,796)^{0,935}} \quad (4)$$

Onde;

I = Intensidade de chuva em mm/h;

T = tempo de concentração em minutos;

Tr = tempo de retorno em anos.

O tempo de retorno é o intervalo médio em anos, em que se estima a ocorrência de um evento, neste caso, uma precipitação que pode ser igual ou maior que a analisada. Tratando-se de projeto de microdrenagem, será considerado um tempo de retorno de dois anos ($Tr = 2$ anos).

VAZÃO PELO MÉTODO RACIONAL

A estimativa de vazão do escoamento produzido pelas chuvas em determinada área é fundamental para o dimensionamento dos sistemas de drenagem. Para estimar esta vazão, será

usado o método da equação racional. Seu uso é limitado a pequenas áreas e é utilizado quando se tem muitos dados de chuva e poucos dados de vazão (Viegas *et al*, 2017).

Foi utilizada a fórmula do método racional para o cálculo de vazão para áreas menores ou iguais a 2km², conforme a Equação 5.

$$Q=0,375.C.I.A \quad (5)$$

Onde;

Q=vazão em m³/s;

C= coeficiente de escoamento

I= precipitação em m/s;

A= área em m².

Determinada a vazão, foi realizado o cálculo de dimensionamento das bocas de lobo para bocas de lobo com grelha, conforme a Equação 6.

$$Q=1,66.P.(h^{1,5}) \quad (6)$$

Onde;

Q=vazão de engolimento em m³/s;

P= perímetro da abertura em m;

h= altura da lâmina d'água.

Resultados

Feita a delimitação da bacia e coletadas as imagens de satélite, foi possível determinar e analisar os dados gerados através do QGIS 3.16.11 (2021) referentes à área de estudo. Foram determinados a área e o perímetro da avenida, assim como a caracterização da bacia através dos cálculos do coeficiente de compacidade e do índice de circularidade.

Foi determinada a área do local de estudo, 0,01 km², e seu perímetro, com 3,23 km. Sendo possível efetuar a caracterização da bacia através dos cálculos do coeficiente de compacidade e do índice de circularidade, chegando aos valores de 0,90 e 1,31, respectivamente. Sendo assim, a bacia de estudo se caracteriza como uma bacia com tendência a enchentes médias.

O tempo de concentração em minutos, obtido pela Fórmula 3, foi de 0,19 minutos. A intensidade de chuva encontrada pela Equação 4 foi de aproximadamente 155 mm/h. A vazão determinada pela Equação 5, foi de de 0,40m³/s.

Analisando o sistema de microdrenagem da avenida, que dispõe de 2 bocas de lobo retangulares, tipo grelha, uma com de 0,70x0,40m de diâmetro e outra com 1,00x0,60m de diâmetro, ambas localizadas nas extremidades de menor altitude da via. As Figuras 3 e 4 mostram as bocas de lobo encontradas nas extremidades da via.

Figura 3- Sarjeta retangular tipo grelha com medidas 1,00x0,60m e 0,70x0,60m.



Fonte: Autora (2021).

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores obtidos referentes à bacia de estudo.

VALORES REFERENTES À BACIA ESTUDADA	
ÁREA DO LOCAL DE ESTUDO	0,01Km ²
PERÍMETRO DO LOCAL DE ESTUDO	3,23Km
COEFICIENTE DE COMPACIDADE	0,90
ÍNDICE DE CIRCULARIDADE	1,31
TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	0,19min
INTENSIDADE DE CHUVA	155mm/h
VAZÃO	0,40m ³ /s

Fonte: Autora (2021).

Obtida a vazão de 40m³/s nas menores altitudes da via, e calculadas as vazões de engolimento das bocas de lobo encontradas, para a boca de lobo com medidas de 0,70x0,40cm a vazão de engolimento foi de 0,21m³/s e para a boca de lobo da extremidade oposta com medidas 1,00x0,60m a vazão de engolimento foi de 0,30m³/s.

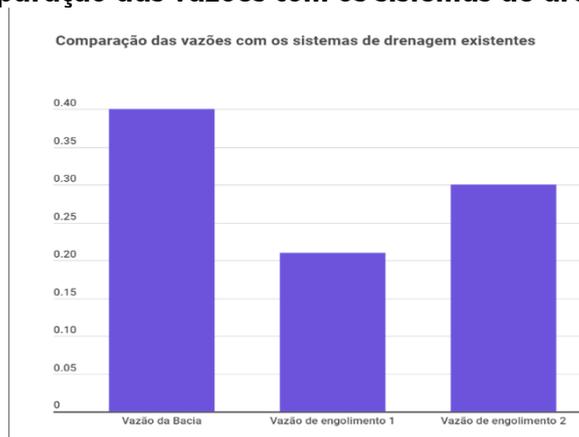
Pode-se concluir que apesar de o valor de vazão volumétrica ser pequeno, o índice de circularidade favorece as condições de inundação, assim como o transporte de sedimentos dos pontos de maior altitude. É possível afirmar que a bacia provavelmente, em seu formato natural, favorece o alagamento, conforme o índice de circularidade encontrado. Além disso, o sistema de microdrenagem conta com poucos pontos para a coleta do volume fluvial e ambas as extremidades da via têm bocas de lobo com vazão de engolimento menor que a vazão da bacia, o que juntamente com a impermeabilização do solo e o transporte de sedimentos dos pontos de maior altitude, fazem com que a água fluvial leve mais tempo para conseguir escoar pelos pontos, causando os alagamentos.

Considerações Finais

Com o avanço das tecnologias na área da construção civil, é possível a utilização de imagens de satélite e programas computacionais como *Google Earth* e *QGIS*, que foram de suma importância para a elaboração deste projeto, especialmente para fins topográficos. Tornando os resultados deste estudo mais acessíveis e fazendo possível propor uma solução para o problema decorrente de alagamentos na avenida.

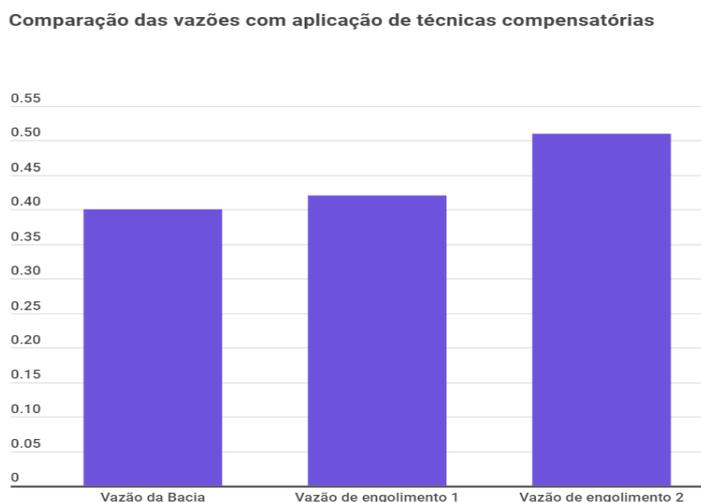
Por fim, sugere-se que a melhor forma de mitigação dos problemas citados nesse estudo seria a implantação de outros dois pontos de microdrenagem (bocas de lobo) nos pontos em cada extremidade oposta de menor altitude da avenida, com vista em amenizar níveis de inundação. Pois, como visto anteriormente, a boca de lobo com dimensões menores suporta metade da vazão da bacia, sendo assim, a implantação de uma segunda boca de lobo de mesma medida em cada extremidade oposta dobraria a capacidade de engolimento, sendo o suficiente para suportar a vazão da bacia. Além disso, seria um meio de mitigação com custo menor comparado a outras técnicas compensatórias, se tornando mais viável para a prefeitura, levando-se também em consideração que este método de compensação seria inserido em meio urbano, essa seria a melhor sugestão a curto prazo, devido a compatibilidade com os sistemas de drenagem já existentes no local. As Figuras 7 e 8 demonstram um gráfico comparativo entre as vazões de engolimento com e sem a aplicação da técnica sugerida.

Figura 7: Comparação das vazões com os sistemas de drenagem existentes.



Fonte: Autor (2021).

Figura 8: Comparação das vazões com a aplicação da técnica compensatória sugerida.



Fonte: Autor (2021).

Técnicas compensatórias como jardins de chuva e trincheiras de infiltração são meios de mitigação simples e também baratos, porém, por se tratar de uma via estreita em largura e quase que totalmente impermeabilizada, onde as áreas de escoamento da água que seriam propícias para a aplicação das técnicas, são utilizadas pelos moradores e comerciantes como estacionamento. Se retiradas essas áreas de estacionamento para a aplicação dessas técnicas além da mitigação do problema, a via se tornaria mais atrativa do ponto de vista arquitetônico, porém, por se tratar da maior avenida comercial da cidade isso provavelmente traria transtornos futuros quanto ao trânsito e movimento comercial da mesma.

Por fim, a aplicação das técnicas compensatórias trará benefícios ao município e à população diretamente afetada pelos problemas de enchentes no local, que por sua vez causam prejuízos a saúde dos moradores, além de danos e transtornos aos lojistas locais.

Referências

ARAÚJO, P. R. DE; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. **Análise da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial**. Iv Silusba, v. 5, p. 12, 2000.

BRASIL. **Ministério da Casa Civil. Lei N° 11.445, de 5 De Janeiro De 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n° 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: < [L11445compilado \(planalto.gov.br\)](http://L11445compilado(planalto.gov.br))> Acesso em Abril de 2021.

BRASIL, Senado Federal. **Constituição da república federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1986** Disponível em: < [Resoluções \(mma.gov.br\)](http://Resoluções(mma.gov.br))>. Acesso em: 02/04/2021.

BRITO, LT de L.; DE MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007., 2007. Disponível em < [Alice:sistema \(embrapa.br\)](http://Alice:sistema(embrapa.br))>. Acesso em: 29/03/2021.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

COUTINHO, Artur Paiva et al. Coletânea de equações de chuvas intensas para o Estado de Pernambuco. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves/RS, 2013**.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Semiárido Brasileiro**. Rio de Janeiro - RJ, 2018. Disponível em: < Semiárido Brasileiro | IBGE>. Acesso em: 04/04/2021.

LI, J.Q.; ZHAO, W.W. Design and hydrologic estimation method of multi-purpose rain garden: beijing case study. In: International Low Impact Development Confer-ence, Seattle, 2008. **Proceedings...**, Seattle, 2008.

LUCAS, A. H. et al. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: O transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 20, n. 1, p. 17–28, 2015.

McCUEN, R. H., WONG, S. L., RAWLS, W.J., 1984, **Estimating urban time of concentration**, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 110, n.7, ASCE, pp 887-904.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. rio de janeiro: elsevier, 2016.

PAULA FERREIRA, Mateus; GARCIA, Mariana Silva Duarte. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.

PORTO, R. et al. Drenagem Urbana. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015. p. 805–847.

PRINCE GEORGE'S COUNTY. (2007) **Low-impact Development Hydrologic Analysis**. Department of Environmental Resources, Maryland, 45p.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

ROCHA, Mariana Arrabal da. **Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília**. 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Porto Alegre: Ministério das Cidades, 2005a.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasil: Ministério das Cidades, 2005b.

TUCCI, Carlos E. M.. **Inundações e Drenagem Urbana**. 2017.

VIEGAS, Pedro Licerio Rodrigues; DA NÓBREGA, Victor Lindoso; SÍRIO, Daniel de Lima Nascimento. Análise do dimensionamento das calhas utilizadas para drenagem das águas pluviais no centro pedagógico Paulo Freire. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 4, n. 6, 2017.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**. Disponível em: < [CONSIDERAÇÕES SOBRE O CLIMA E OS RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO | Zanella | Caderno Prudentino de Geografia \(unesp.br\)](#) >. Acesso em: 08/04/2021.

Recebido: 04/11/2022

Aprovado: 14/12/2022