

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA DO RIO SANTARÉM, EM ITUBERÁ- BA, CONSIDERADOS DISTINTOS PERÍODOS DE URBANIZAÇÃO DA BACIA.

Milany de Jesus dos Santos¹; Paulo Romero G. Serrano de Andrade²

RESUMO – A falta de dados fluviométricos consistentes e representativos é um problema enfrentado durante a análise e avaliação do regime hidrológico de bacias hidrográficas. Dessa forma os modelos de transformação de chuvas em vazões são fundamentais quando se tem carência de dados fluviométricos, principalmente nos cursos d'água urbanos. Pela urbanização descontrolada, planícies de inundação de rios urbanos vêm sendo ocupadas e tornam-se áreas de risco, como é o caso da cidade de Ituberá, localizada no Estado da Bahia, que frequentemente sofre com inundações causadas pelas cheias do rio Santarém, com ocorrência de alagamentos diante da ineficiência dos sistemas drenagem urbana. O presente estudo buscou simular vazões máximas do rio Santarém utilizando o método de Ven Te Chow, em cenários de pré-urbanização e de maior adensamento urbano da bacia, considerando os anos de 1994 e 2011. Para auxiliar na utilização do método, utilizou-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e técnicas de geoprocessamento. Os resultados alcançados permitem uma melhor caracterização fisiográfica, de uso e ocupação do solo da bacia do rio Santarém, com quantificação das vazões máximas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos. A relação de variação entre os números de deflúvio para cada ano analisado (N) foi menor que 10%, enquanto que a vazão máxima simulada se apresenta majorada de até 44%, no ano de 2011, razão da substituição de parte da cobertura nativa do solo por áreas impermeáveis, o que explica, em parte, os problemas e prejuízos causados pelas inundações na cidade.

ABSTRACT– The lack of consistent fluviometric data is a problem faced during the analysis and evaluation of the hydrological regime of river basins. Thus, the models of rainfall transformation at flow rates are fundamental when there is a lack of fluviometric data, especially in urban watercourses. Due to uncontrolled urbanization, floodplains of urban rivers have been occupied and become areas of risk, as is the case of the city of Ituberá, located in the State of Bahia, which frequently suffers from flooding caused by floods on the Santarém river, occurring flooding in the face of the inefficiency of urban drainage systems. The present study sought to simulate maximum flow rates of the Santarém River using the Ven Te Chow method, in pre-urbanization scenarios and greater urban density in the basin, considering the years 1994 and 2011. To assist in the use of the method, the normalized difference vegetation index (NDVI) and geoprocessing techniques. The results obtained allow a better physiographic characteristics, of the soil use and occupation of the Santarém river basin, with quantification of the maximum flows for return periods of 2, 5, 10, 25 and 100 years. The variation ratio between the runoff numbers for each analyzed year (N) was less than 10%, while the simulated maximum flow increased by up to 44% for 2011, reason for the replacement of part of the native cover of the only by impermeable areas, which explains, in part, the problems and damages caused by the floods in the city.

Palavras-Chave – drenagem urbana, índice de vegetação, modelagem hidrológica.

1) Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental, CETEC/Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). milanyjsantos@gmail.com
2) Professor Adjunto do ESA/CETEC/UFRB - Campus Universitário, Cruz das Almas/BA. prserrano@yahoo.com

INTRODUÇÃO

Os rios desempenharam papel fundamental para o desenvolvimento da civilização humana, participando como agentes libertadores, possibilitando o surgimento de comércios e a conquista de outros povos e terras (PINHO-COELHO e HAVEANS, 2015). Entretanto, em decorrência do significativo crescimento populacional que ocorreu no século XX, “onde se teve o maior crescimento demográfico de toda a história da humanidade”, segundo Alves (2014), os locais que antes eram evitados passaram a ser ocupados com edificações cada vez menos harmônicas com o ambiente natural, resultando em interferências nos fluxos das águas e propiciando problemas sociais e ambientais.

Uma das atuais adversidades que as cidades vêm sofrendo diz respeito à drenagem pluvial, uma vez que o processo de urbanização amplia as áreas impermeabilizadas e ocasiona o aumento das frequências das inundações e a intensidade de enchentes dos rios, resultando em séries de transtornos relacionados ao saneamento e ao meio ambiente, tais como doenças provenientes da utilização de água sem qualidade para consumo humano, da falta de esgotamento sanitário e da destinação inadequada dos resíduos sólidos, bem como os prejuízos materiais e mortes decorrentes da ocupação de áreas de risco passíveis de deslizamentos e/ou inundações.

Os problemas relacionados à urbanização são resultantes de cinco fatores, segundo Tucci (2006), os quais são: 1) Migrantes de baixa renda e sem capacidade de investimento, que se instalam em áreas precárias, formando assim as chamadas áreas de risco de inundação e deslizamento; 2) Déficit de emprego, baixa renda e pouco poder aquisitivo de moradia; 3) Legislações equivocadas de controle do espaço urbano; 4) Incapacidade do município de planejar e antecipar a urbanização e investir no planejamento de espaços seguros, e 5) Crise econômica em geral.

A situação das ocupações urbanas em áreas inadequadas é preocupante, uma vez que a população humana nunca foi tão grande e cresce expressivamente, de tal modo que o poder público não consegue controlar e promover condições para que sejam habitadas áreas alternativas. Diante a necessidade de compreender a dinâmica das inundações em meio urbano, o uso de modelagem matemática se apresenta como ferramenta fundamental, já que permite, entre outros recursos, fazer previsão de acontecimentos desastrosos e simular cenários de expansão da urbanização e do grau de impermeabilização das cidades.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estimar vazões máximas para o rio Santarém do Município de Ituberá, no Estado da Bahia, utilizando o método de Ven Te Chow.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Santarém está inteiramente contida no município de Ituberá do estado da Bahia. Ituberá dista cerca de 162 quilômetros da capital Salvador (se usada a travessia da Bahia de Todos os Santos, via o *ferry boat*) e de 348 km pelas rodovias BR 101/BR 324, localizando-se pelas coordenadas geográficas a 13°43'55'' de latitude sul e 39°08'56'' de longitude oeste. De acordo estimativas realizadas pelo IBGE (2018), o município possuía, no ano de 2018, uma população com 28.457 habitantes, com área territorial correspondente a 416,591km² e densidade demográfica de 63,73hab/km².

Com relação ao bioma, Ituberá está totalmente inserido na mata-atlântica. O município possui média de pluviosidade anual de 2.095 mm sendo o mês de setembro o mais seco (média de 113mm) e abril o mais chuvoso (média de 213 mm), com média de temperatura igual a 24.6 °. O clima, de acordo com a classificação de Köppen - Geiger é o “Af” - tropical úmido/equatorial.

No contexto do plano estadual de recursos hídricos do estado da Bahia (2005, 2012), o município de Ituberá está inserido totalmente na Região de Planejamento e Gestão das Águas do Recôncavo Sul - RPGA IX (INEMA, 2004).

A cidade de Ituberá é estuarina, observando-se que sua população se alojou ocupando áreas de mangue e margens de rios, como o rio Santarém e o Serinhaém, de modo que na ocorrência de eventos de chuva, parte significativa da cidade é inundada pela combinação de cheias, água pluvial e mais a água proveniente do efeito de maré, resultando em sérios prejuízos para a população, como apresentado nas figuras 1 e 2.



Figura 1 - Inundação de rua do centro da cidade de Ituberá - Ba



Figura 2 - Registro do colapso de uma ponte de acesso principal ao município em Dezembro de 2014

Geoprocessamento de informações geográficas para caracterização da bacia

Para o desenvolvimento dessa etapa, foi realizada a aquisição de um modelo digital de elevação (MDE) no banco de dados da NASA por meio da ASF (Alaska Satellite Facility) cuja resolução espacial foi de 12,5 m. Além do MDE, foram adquiridas imagens multiespectrais do satélite Landsat 5, para obtenção do NDVI, no banco de dados geomorfométricos do Brasil, projeto TOPODATA, com resolução de 30m.

Após aquisição dos dados, foi utilizado um *software* de SIG, especificamente o Qgis. No Qgis foi realizada a delimitação da bacia hidrográfica para o Rio Santarém com auxílio dos algoritmos “*r.watershed*” e “*r. wateroutlet*” do plug-in “*GRASS*” acoplado ao programa. Além da obtenção das características fisiográficas da bacia, o *software* foi aplicado para a obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que é o resultado da álgebra entre as bandas do espectro vermelho e infravermelho captadas pelo satélite, conforme relação expressa na equação 1 a seguir, onde NIR representa as características da banda do infravermelho e RED a banda do vermelho:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Modelagem das vazões máximas do rio com a equação de Ven Te Chow

Cumprida a etapa de processamento das informações geográficas, partiu-se para a determinação das vazões máximas do rio Santarém, cujos cálculos se baseiam em dados hidrológicos. O método escolhido para o estudo foi o de Ven Te Chow, visto que, diante do método racional e do desenvolvido pelo *antigo Soil Conservation Service - SCS (atual Natural Resources Conservation Service – NRCS)* este não simplifica as variáveis do ciclo hidrológico em único fator, como ocorre no método racional, agregando aos cálculos informações de chuva, uso e tipo, características físicas das bacias em fatores separados, como o “número de deflúvio (X)” e o fator de pico (Z). Além disso, de acordo com as pesquisas realizadas, o método de Ven Te Chow é extensivamente utilizado para cálculos de vazões de projetos de obras de drenagem urbana.

O método de Ven Te Chow foi considerado também por se considerar aplicável em bacias com até 25 km² de área, encaixando-se adequadamente à condição do presente trabalho, diferentemente do Método Racional que é recomendado para bacias de até 2,5 km² a 3,0 km², conforme Tomaz (2012) e que devido a isso, torna mais complexa a simulação, já que, demanda considerações estatísticas um pouco mais robustas. A equação utilizada foi desenvolvida por Ven Te Chow, o qual utilizou o conceito de Hidrograma Unitário para desenvolvê-la (WILKEN,1978). A equação fornece a vazão de pico (Q) em m³/s e é apresentada abaixo:

$$Q = 0,278 \cdot A \cdot X \cdot Y \cdot Z \quad (2)$$

Tabela 1: Descrição dos parâmetros da equação do método de Ven Te Chow

A	É a área da bacia em [Km ²]	Y	Representa o fator climático para os casos em que não se tem dados de chuva para o local de estudo
X	É o fator de deflúvio, expresso pela relação entre excesso de chuva R_e [mm] e o tempo de duração da chuva t [h]	Z	Fator de redução de pico, obtido a partir da relação entre o tempo de duração da chuva t [h] e o tempo de ascensão t_p

Para calcular a intensidade de chuva que promove o deflúvio máximo para os T_R escolhidos de 2, 5, 10, 50 e 100 anos, foi utilizada uma equação intensidade-duração-frequência (IDF) para o município de Ituberá, desenvolvida por Silva (2002) e apresentada na equação 3 abaixo:

$$i = \frac{3228,481 \cdot TR^{0,207}}{(t+45,386)^{0,948}} \quad (3)$$

No entanto, como não se sabe qual é o valor de “t” (duração da chuva) para o qual a vazão é máxima, procedeu-se um procedimento por tentativas conforme recomendado por Ramos *et. al* (1999) no *Manual de Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana* da Prefeitura de São Paulo: “deve-se pesquisar, dentre as várias durações t, aquela que conduz a maior vazão de pico q_p ”. Assim, com o auxílio das planilhas do programa MS Excel, escolheu-se durações de chuva de 0,5 horas a 6 horas com intervalos de 0,5 horas para proceder com os cálculos e encontrar a chuva correspondente ao deflúvio máximo.

Na sequência, calcula-se o excesso de chuva R_e que é um resultado em função do grupo hidrológico do solo da bacia e com uso e ocupação do mesmo, representados pelo número de deflúvio N, que é o mesmo “curva número (CN)” proposto método do *Soil Conservation Service*. O excesso de chuva é calculado pela equação 4 .

$$R_e = \frac{(R - \frac{5080}{N} + 50,8)^2}{R + \frac{20320}{N} - 203,2} \quad (4)$$

Onde R é obtido pelo produto da intensidade da chuva com o tempo de duração da mesma em horas: $R = i \cdot t$. R e R_e são obtidos em milímetros [mm].

RESULTADO E DISCUSSÃO

O geoprocessamento de informações geográficas foi a base para delimitar a bacia de interesse e elaborar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), os quais auxiliaram na obtenção de características fisiográficas da bacia e permitiram a avaliação de alteração no uso e ocupação do solo para posterior simulação da vazão de pico com o método de Ven Te Chow.

Após aplicação dos algoritmos do *Grass* no Qgis para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Santarém, obteve-se a área de drenagem, com 23,84 km² e a extensão do rio principal com 11,7 km, e a inclinação média do talvegue principal de 3%. A feição da bacia é apresentada no mapa da figura 3:

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTARÉM - ITUBERÁ BA



Figura 3 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Santarém em Ituberá – BA

Com relação à combinação multiespectral realizada com as bandas de refletância no vermelho e infravermelho do sensor Landsat 5, obteve-se o índice de vegetação por diferença normalizada para os dois anos estudados, tendo como resultado a elaboração dos mapas da figura 4 e figura 5. Pela feição desses mapas foi possível perceber significativa alteração da cobertura vegetal natural no intervalo dos 17 anos de estudo, indicada pelas falhas representadas nas cores mais alaranjadas, amareladas e algumas vermelhas no segundo mapa (figura 5). Além disso, pela contagem de área realizada pelo algoritmo, obteve-se que em 1994 mais de 90 % da área da bacia possuía vegetação com índice NDVI mais próximo do valor 1, o que é a melhor condição de vegetação; já em 2011, apenas 17 anos depois, essa classe teve um rebaixamento de aproximadamente 35%. O NDVI auxiliou na obtenção do número de deflúvio N, de acordo com o grupo hidrológico de solo da bacia, que para período inicial de urbanização foi $N_{1994} = 71,65$ e no cenário posterior $N_{2011} = 78,27$.

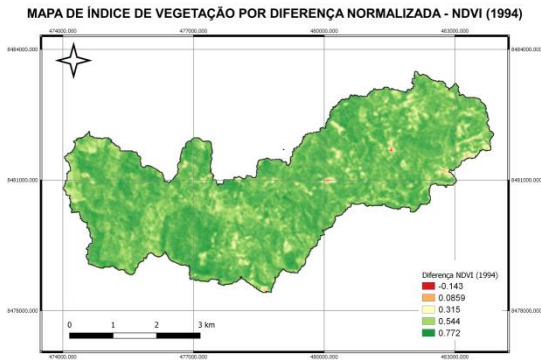


Figura 4 - Mapa do NDVI para o ano de 1994

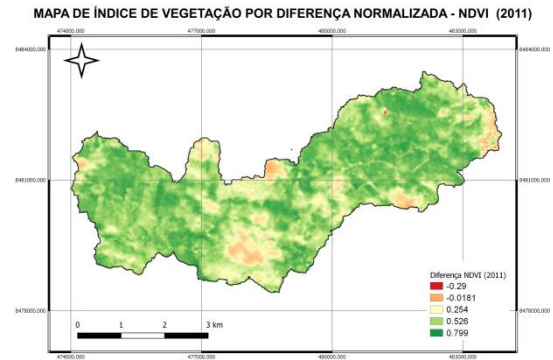


Figura 5 - Mapa do NDVI para o ano de 2011

Os valores de N encontrados em função do tipo hidrológico do solo (grupo C) e do uso e ocupação estão apresentados no quadro 1:

Quadro 1 - Valores de N em função do uso e ocupação e grupo hidrológico do solo

Descrição da classe	VALOR DE (N) (grupo de solo C)	Área da bacia do Rio Santarém			
		1994		2011	
		Total de área		Total de área	
		Km ²	(%)	Km ²	(%)
Zonas residenciais	90	0,084	0,352	1,923	8,067
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	88	2,095	8,788	8,685	36,432
Zonas Florestais: Cobertura boa	70	21,666	90,882	13,219	55,449

Com os valores calculados de N obteve-se o resultado da chuva excedente (t), cujo tempo de duração para esta bacia foi de 6 horas. Por fim, os valores das vazões de pico para os diferentes períodos de retorno (T_R) e as intensidades de chuvas variáveis de acordo com o ano de estudo, conforme pode ser consultado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 2 - Dados calculados para a vazão simulada pelo método de Ven Te Chow (ano de 1994)

t(h)	tp	Z	td/tp	i_m (mm/h)	R (mm/h)	Re	X	Q _{max} (m ³ /s)
TR = 2 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	13,51	74,31	19,00	3,45	36,45
6,00	1,43	1,79	4,20	12,56	75,37	19,61	3,27	38,77
6,50	1,43	1,00	4,55	11,73	76,31	20,16	3,10	20,56
TR = 5 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	16,33	89,83	28,57	5,19	54,81
6,00	1,43	1,79	4,20	15,18	91,11	29,40	4,90	58,13
6,50	1,43	1,00	4,55	14,19	92,25	30,15	4,64	30,74
TR = 10 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	18,85	103,69	37,96	6,90	72,83

6,00	1,43	1,79	4,20	17,52	105,17	39,00	6,50	77,10
6,50	1,43	1,00	4,55	16,38	106,48	39,93	6,14	40,71
TR = 25 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	22,79	125,35	53,84	9,79	103,30
6,00	1,43	1,79	4,20	21,18	127,13	55,20	9,20	109,13
6,50	1,43	1,00	4,55	19,80	128,72	56,42	8,68	57,52
TR = 100 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	30,36	167,02	87,24	15,86	167,38
6,00	1,43	1,79	4,20	28,23	169,39	89,23	14,87	176,39
6,50	1,43	1,00	4,55	26,38	171,50	91,00	14,00	92,78

Tabela 3 - Dados calculados para obtenção de vazão simulada pelo método de Ven Te Chow (ano de 2011)

t (h)	tp	Z	td/tp	i_m (mm/h)	R (mm/h)	Re	X	Q_{max} (m³/s)
TR = 2 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	13,51	74,31	27,59	5,01	52,94
6,00	1,43	1,79	4,20	12,56	75,37	28,34	4,72	56,03
6,50	1,43	1,00	4,55	11,73	76,30	29,01	4,46	29,58
TR = 5 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	16,33	89,83	39,04	7,09	74,92
6,00	1,43	1,79	4,20	15,18	91,11	40,03	6,67	79,13
6,50	1,43	1,00	4,55	14,19	92,24	40,90	6,29	41,71
TR = 10 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	18,85	103,69	49,94	9,08	95,82
6,00	1,43	1,79	4,20	17,52	105,16	51,13	8,52	101,08
6,50	1,43	1,00	4,55	16,38	106,47	52,19	8,029	53,21
TR = 25 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	22,79	125,35	67,87	12,34	130,22
6,00	1,43	1,79	4,20	21,18	127,13	69,38	11,56	137,17
6,50	1,43	1,00	4,55	19,80	128,71	70,73	10,88	72,12
TR = 100 ANOS								
5,50	1,43	1,59	3,85	30,36	167,015	104,39	18,98	200,29
6,00	1,43	1,79	4,20	28,23	169,39	106,53	17,75	210,60
6,50	1,43	1,00	4,55	26,38	171,49	108,43	16,68	110,56

Diante dos resultados obtidos, observou-se que o número de deflúvio N apresentou um acréscimo de aproximadamente 10%. Por outro lado, as vazões de pico resultantes dessa variação foram incrementadas de 19% a 44 % nos dois períodos, sendo os maiores percentuais atrelados às vazões com tempo de retorno menor, o que indica que a resposta de deflúvio é mais discrepante em curto prazo, fazendo com que as estruturas de microdrenagem sejam cada vez menos eficientes para áreas com alterações da cobertura natural do solo.

CONCLUSÃO

O Método de Ven Te Chow mostrou-se apropriado para estimar o escoamento superficial na bacia do rio Santarém. O Qgis também se adequou no auxílio à representação espacial dos grupos hidrológicos de solo da bacia, do seu uso e ocupações, permitindo melhor avaliar o NDVI para obtenção do número de deflúvio N (que é o CN do Soil Conservation Service).

Os mapas do NDVI revelaram significativas alterações da cobertura vegetal para os dois anos comparados, o que não confirma exatamente a substituição de toda a área natural por área urbanizada e impermeabilizada, mas representa modificação do uso do solo, seja por substituição da vegetação nativa por outros tipos cultura ou até mesmo a preparação do solo para outras ocupações, alterando para mais o escoamento superficial na bacia.

Com efeito, o aumento da área urbanizada influenciou, diretamente, na elevação das vazões máximas na bacia do rio Santarém. Observando-se a evolução dessas vazões para um tempo de recorrência de 10 anos (usualmente adotado em projetos de microdrenagem), a estimativa da vazão máxima para uma chuva de duração de 6,00 horas passa de 77,10 m³/s em 1994 para 101,08 m³/s em 2011 (um incremento de 31%). Para um tempo de recorrência de 25 anos (comumente adotado em projetos de macrodrenagem), a vazão máxima para uma chuva de duração de 6,00 horas passa de 109,13 m³/s em 1994 para 137,17 m³/s em 2011, o que representa um incremento de 26 %.

Para outros estudos, recomenda-se a ampliação do estudo hidrológico e a incorporação de modelagem hidrodinâmica, o que permitiria identificar se a calha do rio Santarém comporta as vazões de pico além das cotas e áreas de alagamento, o que permitiria a elaboração de mapas com as manchas de inundação e uma melhor visualização da situação a fim de identificar se bairros ou ruas próximas seriam afetadas. A partir daí, medidas como a regulamentação/zoneamento de áreas de riscos poderiam ser adotadas, evitando ocupações indevidas por parte da população. Importante salientar que as ocupações irregulares das planícies de inundação e/ou do leito maior dos rios, em conjunto com sistemas de drenagem ineficientes, provocam uma série de danos à saúde pública, transtornos de deslocamento, perdas econômicas e em alguns locais perdas de vida, de modo que é importante desmistificar a drenagem urbana como somente um conjunto de acessórios como sarjetas e bocas de lobo e considerar as medidas não estruturais de conscientização da população,

para não habitar áreas de risco, bem como todas as outras ações não estruturais da drenagem, que são tão ou mais efetivas que as estruturais.

Por fim, com o presente trabalho, verificou-se a importância de conservar e/ou preservar a vegetação nativa da bacia ao máximo e, onde isso for impossível, vale adotar medidas do tipo estrutural e/ou não estrutural para o controle das cheias, com o objetivo de renaturalizar o ciclo hidrológico na área urbana, minimizando possíveis perdas materiais e humanas em face das inundações.

REFERÊNCIAS

- ALVES, José Eustáquio Diniz. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014. *Revista Brasileira de Estudos de População*, [s.l.], v. 31, n. 1, p.219-230, jun. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-30982014000100013>
- IBGE (Brasil). IBGE Cidades. 2018. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/itubera/panorama>>. Acesso em: 15 nov. 2018.
- INEMA, Instituto do Meio Ambiente e Recurso Hídricos. CBH Recôncavo Sul. [2004]. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-reconcavo-sul/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.
- PINHO-COELHO, Ricardo Mota; HAVEANS, Karl. **Crise nas águas: Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas**. Belo Horizonte: Recóleo, 2015. 162 p.
- RAMOS, Carlos Lloret et al. DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. São Paulo: FCTH, 1999. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- SILVA, Demetrius D. da. *Chuvas intensas no Estado da Bahia*. Viçosa: UFV, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250985138_Chuvas_intensas_no_Estado_da_Bahia. Acesso em: 20 jan. 2019.
- TUCCI, Carlos E. M.. *GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS*. Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 4 v.
- TOMAZ, Plínio. Método de Ven Te Chow. In: TOMAZ, Plínio. *Métodos de Cálculos de Vazão*. 2012. p. 65. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo65.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- WILKEN, Paulo Sampaio. *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo: Cetesb, 1978.