

XV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DE DRENAGEM COM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – MUNICÍPIO DE BARBALHA-CE

Edson Paulino Alcantara¹; Helenice Ferreira Filgueiras² Luana Monteiro Rodrigues², Ricardo Henrique de Andrade Dutra³, Sávio de Brito Fontenele³

RESUMO – O processo de urbanização, quando desordenado, gera vários prejuízos como as inundações. É nesse contexto que se torna fundamental o estudo do sistema de drenagem de uma cidade. Assim, o presente artigo tem como objetivo usar o sistema de informação geográfica para obter informações fisiográficas e de ocupação do solo das bacias hidrográficas que drenam a zona urbana do município de Barbalha-Ceará por meio do software ArcGis. A análise morfométrica foi realizada a partir da delimitação automática das bacias hidrográficas presentes no município. Foi possível, a partir dessa análise, concluir que as quatro bacias em estudo não apresentam propensão a enchentes, de acordo com suas características naturais, visto que possuem formatos mais alongados e relevos suavemente ondulados, tendo como característica a baixa velocidade de escoamento. A análise do uso e ocupação do solo se tornou necessária no estudo, visto que os mesmos influenciam diretamente na dinâmica da água no interior das bacias. Nessa análise, comprovou-se que o processo de urbanização realmente deve ser bem planejado e controlado, pois observou-se uma redução das áreas permeáveis, devido às construções, tornando assim a região mais propensa a geração de escoamento superficial a partir de chuvas intensas, modificando a dinâmica da água.

ABSTRACT– The process of urbanization, when disorderly, generates various damages such as floods. It is in this context that the study of the drainage system of a city becomes fundamental. Thus, this article aims to use the geographic information system to obtain physiographic and land occupation information from the hydrographic basins that drain the urban area of the municipality of Barbalha-Ceará by means of the ArcGis software. The morphometric analysis was performed from the automatic delimitation of the watersheds present in the municipality. From this analysis, it was possible to conclude that the four basins under study are not prone to flooding, according to their natural characteristics, since they have more elongated shapes and gently wavy reliefs, having as a characteristic the low flow velocity. The analysis of land use and occupation became necessary in the study, since they directly influence the water dynamics inside the basins. In this analysis, it was proved that the urbanization process should really be well planned and controlled, since a reduction of permeable areas was observed, due to the constructions, thus making the region more prone to generate surface runoff from intense rainfall, modifying the water dynamics.

Palavras-Chave – Geoprocessamento; Análise morfométrica; Uso e ocupação do solo.

¹ Discente em Engenharia Civil, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, edsonpaulino@fapce.edu.br

² Engenharia Civil, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, helenice_filgueiras@aluno.fapce.edu.br, luamonteiro.ce@aluno.fapce.edu.br

³ Prof. Me. em Engenharia Civil, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, ricardo.andrade@fapce.edu.br, Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, FAPCE, Juazeiro do Norte-CE, savio.fontenele@fapce.edu.br

1 - INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo onde a população se concentra, gerando o crescimento das cidades. Esse crescimento quando desordenado, recorrente realidade das zonas urbanas brasileiras, provoca sérios danos, como inundações. Segundo Brito (2016), as inundações são problemas gerados devido a intensificação da ocupação do solo e a utilização desordenada dos recursos naturais. Nesse contexto, Coelho Filho *et al.* (2016) dizem que o desmatamento e a urbanização são processos que estão diretamente ligados a redução do volume de água infiltrada no solo, gerando uma maior probabilidade de inundações devido ao aumento do escoamento superficial.

De acordo com Kemerich *et al.* (2014), o escoamento superficial está diretamente ligado ao uso e ocupação do solo, onde um solo sem ou com pouca cobertura vegetal e elevado índice de compactação apresenta maior taxa de escoamento.

Nesse ínterim, um aspecto que deve ser estudado é o sistema de drenagem urbana, definido por Vaz (2004) como o conjunto de ações que devem ser tomadas com a finalidade de minimizar os riscos que uma determinada população possa estar submetida, reduzir os prejuízos causados por inundações e permitir o desenvolvimento urbano sustentável. Tucci (1997) expõe que as inundações são um dos principais problemas gerados pela urbanização desordenada, aspecto de grande influência na drenagem urbana.

O município de Barbalha está localizado na região semiárida brasileira, estado do Ceará e pertencente a Região Metropolitana do Cariri (RMC), sendo que a RMC possui um elevado potencial de desenvolvimento econômico e, conseqüentemente, urbano, com problemas sérios de drenagem urbana. Brito (2016) ainda diz que “os principais riscos ambientais configurados na região semiárida são as inundações e as secas”.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo usar um sistema de informação geográfica para obter informações fisiográficas e de ocupação do solo das bacias hidrográficas que drenam a zona urbana do município de Barbalha-CE a fim de caracterizar o sistema de drenagem natural desse município.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Barbalha tem como municípios limítrofes Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha e Jardim. Possui um clima tropical quente semiárido brando, com temperatura média de 25°C. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) (2019) sua precipitação média anual é de 1.043 mm, com concentração nos meses de janeiro a abril.

Segundo Brito (2016), Barbalha faz parte da região semiárida cearense apresentando características naturais subúmidas, decorrentes da orografia do seu relevo e de substrato geológico sedimentar. O município possui algumas bacias hidrográficas. Para o presente estudo foram definidas e delimitadas 4 bacias hidrográficas, considerando seus exutórios fora do limite do município, para que toda a área deste fosse considerada. As bacias 1 e 4 foram delimitadas por fazerem parte da zona urbana de Barbalha e as bacias 2 e 3 por fazerem parte da zona de conurbação com o município de Juazeiro do Norte, porém não fazem parte da área urbana de Barbalha (Figura 1).

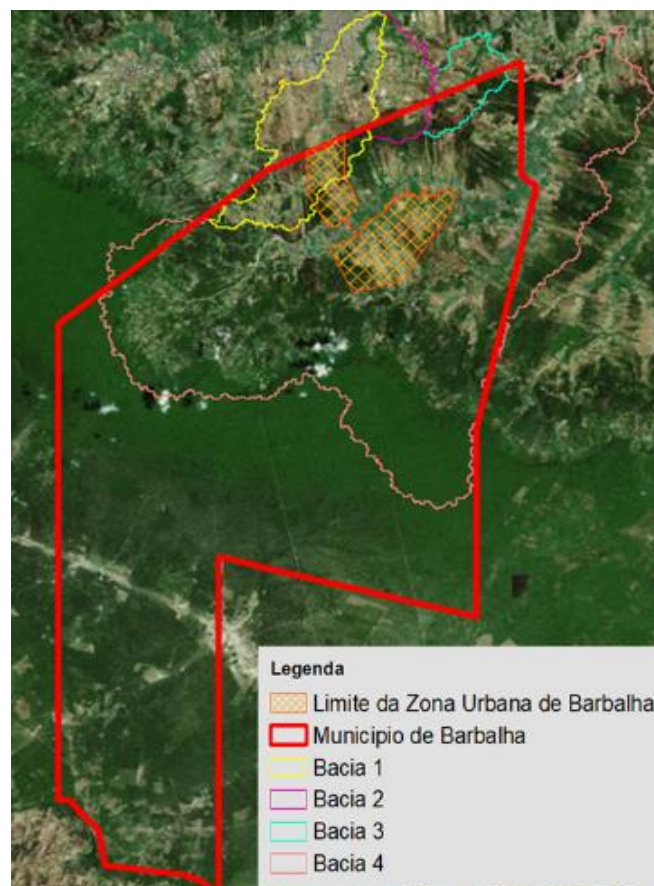


Figura 1 - Localização das Bacias em Estudo no município de Barbalha.

Os materiais e métodos empregados para o desenvolvimento do trabalho, as informações utilizadas e os tratamentos realizados estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos materiais e métodos utilizados

Processo	Delimitação automática das bacias hidrográficas e análise morfométrica	Uso e ocupação do solo	Definição da Macrodrenagem
Objetivo	Determinação das direções de fluxo e geração da rede de drenagem	Análise visual do mapa das 4 bacias e de suas redes de drenagem	Análise visual do mapa das 4 bacias e de suas redes de drenagem e desenhar sua trajetória sobre o mapa para demarcar
Materiais	Modelo digital de elevação (MDE)	Shapes gerados no ArcGis® convertidos para KML	Mapa base
Software/ Aplicativo	ArcGis	Google Earth Pro ³	Google Earth Pro
Ferramenta	ArcHydro ⁴	Polígonos	Uso de um recurso do aplicativo chamado “traçar caminho”
Informações obtidas	Características morfométricas	Estimativa do percentual dos espaços que são urbanizados	Realizar de maneira manual e estimada a visualização dos canais naturais em cada bacia

3 - RESULTADO

3.1 – Delimitação Automática das Bacias Hidrográficas

Para a definição da rede de drenagem, gerada pelo processo de delimitação automática, foi aplicado um fator que resultou em uma geração de rede de drenagem extremamente densa, área inicial para gerar curso d’água de 0,03km², devido à necessidade inicial do estudo (analisar a microdrenagem da zona urbana de Barbalha). Portanto, o fator densidade de drenagem para o estudo em questão não poderá ser considerado, pois o mesmo é um resultado de um pré-processamento definido para a geração das bacias e suas respectivas redes de drenagem.

As quatro bacias em estudo foram delimitadas a partir da rede de drenagem, que ocorre no território do município de Barbalha. A bacia 4 é a maior em relação a área de drenagem, apresentando 294,9 km², seguindo da bacia 1 com 42,0 km², da bacia 2 com 14,3 km² e da menor bacia do estudo que é a bacia 3 com 12,24 Km² de área de drenagem. A Figura 3 mostra a delimitação das 4 bacias, em escalas diferentes, para uma melhor visualização das mesmas.

³ Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>

⁴ Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/water/arc-hydro-tools-version-2-0-are-now-available/>

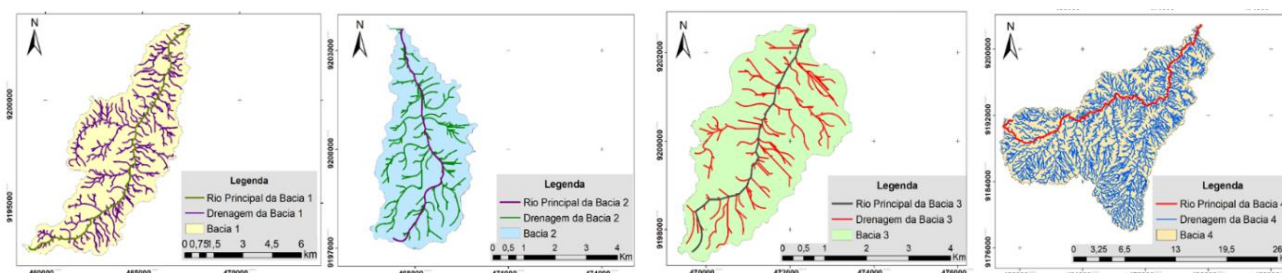


Figura 3 - Bacias hidrográficas definidas no estudo para o município de Barbalha.

3.2 – Análise Morfométrica

Segundo Oliveira *et al.* (2018), as características geométricas apresentadas na Tabela 1 são importantes para a obtenção de parâmetros físicos que permitam compreender o comportamento dinâmico da água em seu interior, como também na definição da potencialidade hídrica das bacias.

Analisando o coeficiente de compacidade, pode-se concluir que as bacias não possuem tendência a enchentes, visto que valores do coeficiente de compacidade acima de 1,5 sugerem que a bacia não possui probabilidade a grandes enchentes. Essa característica é confirmada pelo fator de forma, que segundo Viella e Mattos (1975) uma bacia que apresenta baixo valor de fator de forma é menos suscetível a enchentes. As bacias apresentaram valores de fator de forma menores ou igual a 0,5 indicando que a probabilidade de enchentes nessas bacias é pequena. Outra característica que indica que as bacias analisadas não são suscetíveis a enchentes é o índice de circularidade, que apresenta valores muito distantes de 1 o que sugere que as mesmas apresentam forma mais alongada, fato que pode ser observado na Figura 3.

Tabela 1 - Características Geométricas das Bacias Estudadas.

Bacia	Área de Drenagem (Km ²)	Perímetro (Km)	Coefficiente de Compacidade	Fator de Forma	Índice de Circularidade
1	42,00	40,71	1,76	0,16	0,32
2	14,19	22,35	1,66	0,23	0,36
3	12,24	18,63	1,51	0,30	0,44
4	294,89	110,17	1,80	0,16	0,31
Média	90,83	47,96	1,68	0,21	0,36
Desvio Padrão	136,72	42,58	0,14	0,07	0,06
Coef. de Variação	151%	89%	8%	31%	17%

No que diz respeito a área, observou-se uma grande variação em suas extensões, tendo a bacia 4 como a mais representativa do município. Pode-se notar pelo coeficiente de variação, que o fator de forma é o parâmetro que apresenta maior variação, depois da área. Isso significa que as bacias

apresentam variação em suas formas. Fazendo uma comparação entre as bacias, podemos concluir que as bacias 1 e 4 são mais alongadas, fato esse comprovado pelo índice de circularidade. Assim as bacias 1 e 4 apresentam probabilidade a enchentes menor que as bacias 2 e 3.

As características de relevo (Tabela 2) são parâmetros importantes na caracterização de bacias quanto à probabilidade a enchentes. Analisando o fator declividade média, pode-se concluir que as 4 bacias estudadas apresentam um relevo predominantemente suave-ondulado e por suas características indicam menor propensão a enchentes.

Tabela 2 - Características de Relevo das Bacias Estudadas.

Bacia	Declividade média%	Altitude Máxima (m)	Altitude Mínima (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Relação Relevo
1	4,77	542,23	365,96	176,27	12,90
2	4,20	472,83	365,96	106,86	15,92
3	4,41	463,16	357,19	105,97	17,47
4	8,36	967,02	343,32	623,69	20,48

Porém analisando os valores máximos e mínimos de declividade das bacias (Figura 4) e classificando-as de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009), é possível perceber que há pontos nas bacias onde seus relevos apresentam outras características além de suave-ondulados (declividade entre 3 - 8 %). Nas bacias 1 e 4 verifica-se ainda, respectivamente, a presença de relevos fortemente-ondulados (declividade entre 20 - 45 %) e fortemente montanhosos (declividade >75%), os quais já possuem uma característica de propensão a enchentes. Entretanto, esses pontos onde se verificam esses tipos de relevo, estão em pequena proporção e apresentam-se em áreas que não geram riscos as zonas urbanas.

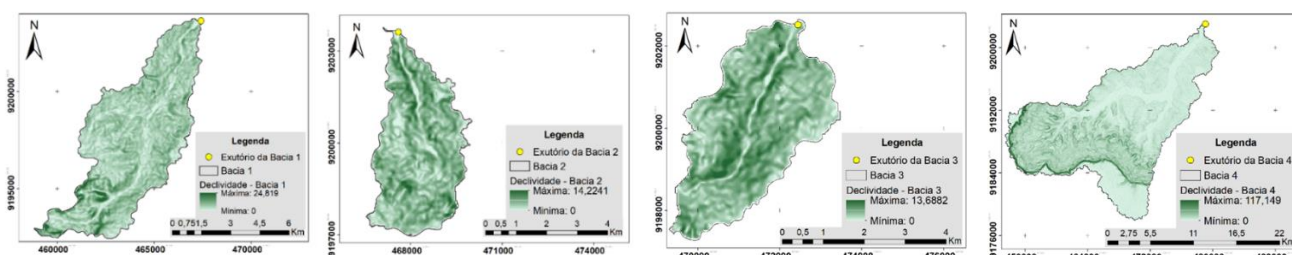


Figura 4 - Apresentação da declividade de cada bacia.

Em relação a amplitude altimétrica apresentada na Figura 5 e analisando seus máximos e mínimos, é possível visualizar que a bacia 4 comparativamente as outras 3 bacias, possui um valor

mais elevado, o qual a caracteriza entre as 4 bacias estudadas como a mais propensa a enchentes. Porém esse alto valor é encontrado na região de chapada, não gerando riscos a zona urbana.

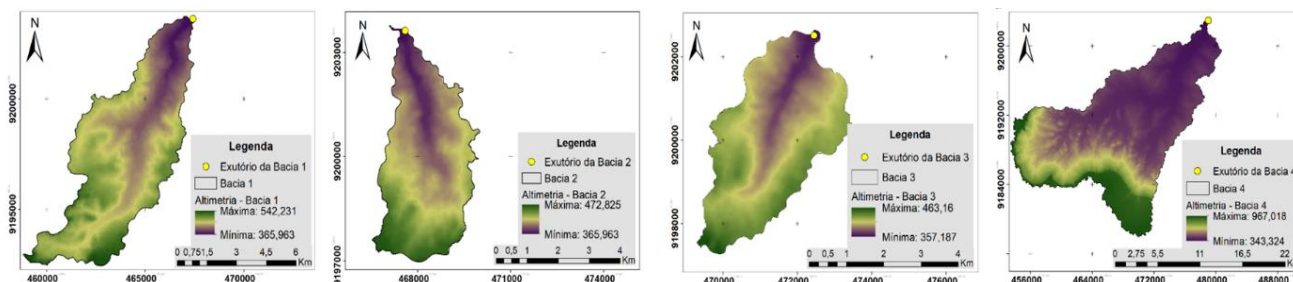


Figura 5- Apresentação da altimetria de cada bacia.

As características de drenagem (Tabela 3) são essenciais na caracterização do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica. No entanto como foi mencionado no início do item 3.1, o fator densidade de drenagem para o estudo em questão não poderá ser considerado, pois o mesmo é um resultado de um pré-processamento definido para a geração das bacias e suas respectivas redes de drenagem.

Tabela 3 - Características de Drenagem das Bacias Estudadas.

Bacia	Comprimento do canal principal (Km)	Comprimento vetorial do canal principal (Km)	Comprimento da bacia (Km)	Densidade de Drenagem
1	16,30	13,57	13,66	0,39
2	7,91	6,33	6,71	0,56
3	6,44	5,74	6,07	0,53
4	42,87	26,63	30,45	0,15

3.4 – Uso e ocupação do solo

Através das áreas impermeabilizadas identificadas foi possível obter a estimativa do percentual do uso e ocupação do solo responsável pela elevação considerável do escoamento superficial para as bacias em estudo. A Tabela 4 apresenta os dados obtidos nessa análise.

Tabela 4 - Análise de urbanização das bacias em estudo.

	Bacia 1	Bacia 2	Bacia 3	Bacia 4
Área da bacia (Km ²)	42,0	14,2	12,2	294,9
Urbanizada (Km ²)	19,1	8,0	1,4	19,4
% Urbanizada	46%	57%	11%	7%

Analisando os dados verifica-se que as bacias 1 e 2 apresentam os maiores percentuais de urbanização, mas a bacia 4 apresenta uma área em quilômetros equivalente a bacia 1. Isso se dá devido a pertencerem a zona de conurbação com a cidade de Juazeiro do Norte, onde a mesma vem apresentando ao longo dos anos um crescimento acelerado. Esse percentual indica que as bacias 1 e 2 apresentam uma maior área impermeável, aumentando o escoamento superficial e diminuindo a infiltração das águas das chuvas no solo, podendo assim aumentar a probabilidade de enchentes nessas bacias. A Figura 6 mostra os polígonos gerados para delimitação das áreas urbanizada em cada bacia.

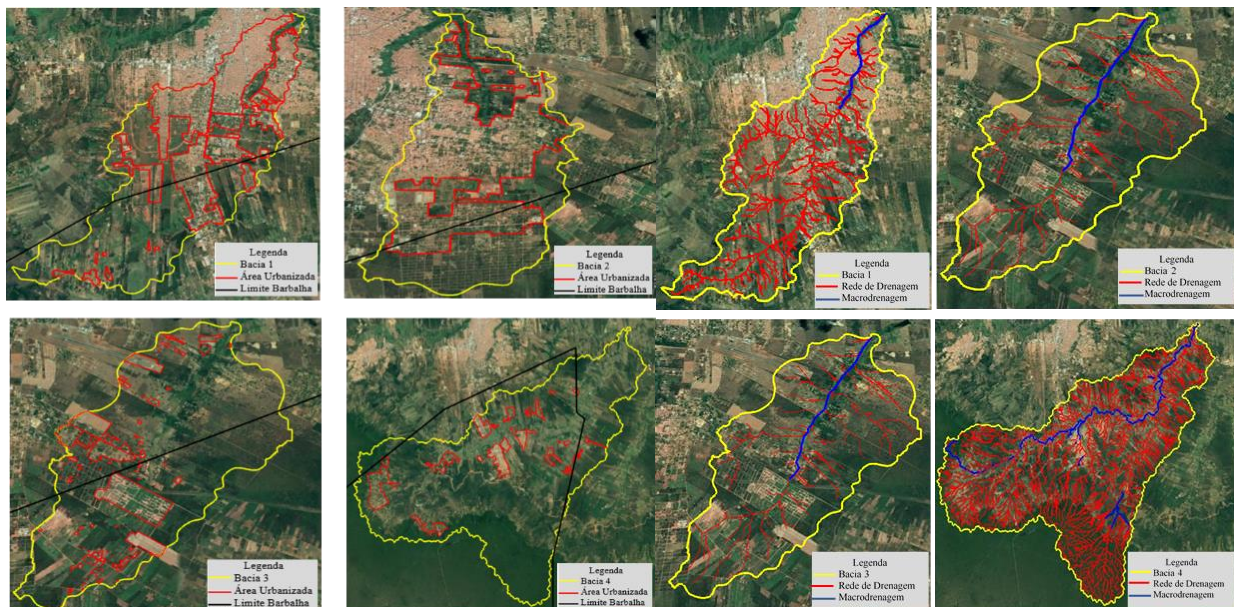


Figura 6 - Análise de uso e ocupação do solo das bacias.

3.5 – Definição da Macro drenagem

Na Figura 6 é possível notar também que devido a urbanização os canais naturais da macro drenagem estão ficando cada vez mais escassos, estes dando espaço as áreas construídas e impermeabilizadas, tornando assim a região mais suscetível a enchentes.

4 - CONCLUSÃO

A partir da análise morfométrica realizada, pode-se concluir que, de modo geral, as bacias estudadas possuem pequena propensão a enchentes, sendo esse fato comprovado pelos coeficientes

de compacidade que apresentam valores superiores a 1,5, pelo fator de forma menores ou iguais a 0,5 e pelo índice de circularidade que dista de 1, reforçando que as bacias apresentam formato mais alongado. Outro fato bastante relevante é a predominância nas bacias dos relevos suavemente-ondulados, assim demonstrando que as mesmas não são suscetíveis a enchentes.

Analisando o uso e ocupação do solo, verificou-se que o processo de urbanização mostra-se um ponto que deve ser planejado e controlado, visto que com esse processo diminuem-se os canais naturais de macrodrenagem, tornando as áreas pertencentes as bacias, mais impermeáveis, dificultando, assim, a infiltração das águas da chuva no solo, o que pode tornar a região suscetível a enchentes. Nas bacias 1 e 2 os processos de urbanização chamam muito a atenção, apresentando uma porcentagem de 46 e 57% respectivamente. Tal fato da crescente urbanização gera ameaças pelo fato da perturbação, que devem ser avaliadas em escala espacial, temporal e observacional, para tomar medidas mitigadoras, com o intuito de reduzir os impactos gerados pelas constantes mudanças na drenagem das bacias em estudo.

5 – REFERÊNCIAS

BRITO, D. S. “*Risco de inundação em enclaves úmidos no semiárido: o caso da bacia do Rio Salamanca, Barbalha/Ceará*”. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016.

COELHO FILHO, J. A. P. *et al. Efeitos da urbanização sobre a infiltração e o escoamento superficial na cidade de Goiânia*. Goiânia, 2016. Disponível em: <https://www.fne.org.br/index.php/artigos/3326-efeitos-da-urbanizacao-sobre-a-infiltracao-e-o-escoamento-superficial-na-cidade-de-goiania-go>. Acesso em: 19 mar. 2019.

EMBRAPA - *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Portal Embrapa. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 24 mai 2019.

FUNCEME. “*Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará: Parte II - Mesorregião do Sul Cearense*”. Fortaleza, 2006.

KEMERICH, P. D. C. *et al. “Infiltração e Escoamento Superficial Sob Diferentes Usos e Ocupação em uma Bacia Hidrográfica”*. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, [S. l.], p. 75-88, 24 set. 2014.

OLIVEIRA, A. B. N. *et al.* “Análise morfométrica de bacias hidrográficas da região metropolitana do Cariri” - Ceará. In: Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió, 2018.

TUCCI, C. E. M. “Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção”. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, v. 2, n. 2, p.2-12, dez. 1997.

VAZ, V. B. “Drenagem Urbana”. 2004. Disponível em:
<http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>. Acesso em: 15 fev. 2019.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. “Hidrologia aplicada”. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.