

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE RISCO DE INUNDAÇÃO EM IPORÁ, GOIÁS

MAPPING AND FLOOD RISK ANALYSIS IN IPORÁ, GOIÁS

Dhiego Alves Mariano

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)
dhiegodam1@live.com

Paula Lorraine Alves de Melo Souza

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)
paula.ipo@hotmail.com

Jefferson Eduardo Silveira Miranda

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)
jefferson.jesm@gmail.com

Resumo: Mapear áreas com risco de inundação é de grande importância para antecipar a solução de problemas. Assim, o objetivo do trabalho foi identificar e mapear a área de risco de inundação para a cidade de Iporá, Goiás. Para isso foi realizada análise espacial com base no manual para mapeamento de riscos e encostas do Ministério das Cidades. As áreas mais baixas e próximas aos corpos d'água se mostraram mais vulneráveis a inundação. Chama-se a atenção para áreas centrais da cidade, em que há maior índice de ocupação. Essas áreas oferecem risco médio para a população e contribuem para o aumento do escoamento e diminuição da infiltração. Com isso, deve haver maior monitoramento e planejamento nas áreas mais baixas associada a densa ocupação.

Palavras-chave: Impacto ambiental, Recursos hídricos, Impermeabilização, Planejamento urbano, SIG.

Abstract: Mapping areas at risk of flooding is important to solve problems. Thus, the objective of this work was to create a flood risk map for the city of Iporá, Goiás. For this was performed spatial analysis based on the manual for mapping risks and slopes of the Ministério das Cidades. The lower areas and near water bodies are more vulnerable. Attention is drawn to central areas, where there is a higher occupancy rate. These areas offer risk to the population and contribute to the increased flow and decreased infiltration. With this, it is concluded that there should be greater care and planning in the lower areas that have dense occupation.

Key words: Environmental impact, Water resources, Waterproofing, Urban planning, GIS.

INTRODUÇÃO

Os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano envolvem carência no saneamento, ocupações inadequadas, ineficiência da rede de drenagem, canalização dos rios, o aumento de áreas impermeáveis, deterioração da qualidade da água e ocupação das áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano (TUCCI, 2008).

Para Tundisi e Mastsumura-Tundisi (2011) a variada gama de impactos produzidos pelas mais diversas atividades humanas sobre os recursos hídricos são: construção de represas, que altera o fluxo dos rios e o transporte de nutrientes e sedimentos; construção de diques e canais que destroem a conexão do rio com áreas inundáveis; alteração do canal natural dos rios; drenagem de áreas alagadas; desmatamento ou o uso do solo que altera padrões de drenagem e podem aumentar a sedimentação e a diminuir a qualidade e a quantidade da água, além de perder um mecanismo natural para o controle de enchente; poluição não controlada e o crescimento da população. Esses problemas podem provocar riscos à saúde da população, inundações e, em longo prazo, diminuir a qualidade e quantidade de água disponível (TUCCI, 2003).

A ocupação sem diretrizes e planejamento tende a aumentar a ocorrência de enchentes e, conseqüentemente, de prejuízos causados por inundações (BENINI e MEDIONDO, 2015). Assim, as enchentes podem ser agravadas pela remoção da vegetação, impermeabilização do terreno e canalização de rios, que poderiam ser atenuadas com o planejamento das obras de drenagem e, desse modo, minimizar os riscos para a sociedade (FRITZEN e BINDA, 2011).

O Brasil é um dos países que sofrem com inundações em áreas urbanas, que causa mais de 1 bilhão de dólares em perdas por ano devido à má impermeabilização do solo em bacias de drenagem urbana (HORA e GOMES, 2009). Assim, mapeamentos que avaliam o nível de risco das áreas urbanas em relação a inundações podem oferecer resultados satisfatórios (MAGALHÃES et al., 2011), tornando-se relevantes para solucionar esses problemas (HORA e GOMES, 2009).

Nesse sentido, a cidade de Iporá, Goiás, segue o comportamento hidrológico esperado para cidades pouco planejadas que sofrem periodicamente com inundações, que resultam em desastres para moradores locais. É por isso que o presente trabalho teve como objetivo criar um mapa de áreas de risco de inundação da cidade, evidenciando áreas que

A partir disso foi elaborado um mapa de altitude e um de declividade da região. Os mapas foram verificados com base em Alves (2017) para confirmação dos resultados, tendo em vista que o autor fez as mesmas análises para a cidade. Isso possibilitou confirmar e validar os dados, tendo em vista que o resultado foi o mesmo. Essas análises foram realizadas no *software* ArcGis 10.1 (ESRI, 2015).

Por fim, também foi realizada a análise da ocupação, por meio da base do trabalho de Bueno e Borges (2017). Essa etapa possibilitou criar um mapa de ocupação da cidade com base na porcentagem de ocupação de cada bairro.

Análise dos dados

Primeiramente a cidade foi dividida em quatro classes distintas, de acordo com o mapa de relevo e declividade: A, B, C e D. As classes foram separadas sem seguir um padrão, apenas foi selecionado no *software* que o mapa ficasse dividido em 4 classes. Assim, foi possível obter um mapa de altitude, em que as áreas mais baixas e mais próximas do rio têm maior chance de inundação.

Logo em seguida, observando os critérios de análise de riscos conforme disposto no manual (BRASIL, 2007), para cada classe (A, B, C e D). Foram consideradas as características para cada classe de acordo com: a disposição do cenário hidrológico (C), a vulnerabilidade da ocupação na área (V) e a distância de moradias ao eixo de drenagem (P). Posteriormente analisaram-se os dados criando uma matriz entre as variáveis C e V (CV). Com o resultado dessa matriz (CV) foi possível criar uma segunda matriz relacionando as variáveis da matriz CV e a distância de moradias ao eixo de drenagem (P), criando uma matriz “CVP”. Assim, foi possível relacionar os dados e classificar as Zonas de risco conforme a descrição da Tabela 1. Todas estas análises foram feitas com base nos registros mencionados: observações, revisão de literatura e análise espacial.

Tabela 1. Conceito das variáveis utilizadas no manual do Ministério das Cidades (Brasil, 2007) de acordo com: os cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes (C), Vulnerabilidade da ocupação urbana (V) e Distância das moradias ao eixo da drenagem (P).

Variável	Explicação dos conceitos a serem adotados na análise dos dados
C	a) Método hidrológico 1: enchente e inundação branda de planícies fluviais - C1; b) Método hidrológico 2: enchente e inundação com elevada energia cinética - C2; c) Método hidrológico 3: enchente e inundação com elevada potência de escoamento e competência de transporte de material sólido - C3.
V	a) Elevada vulnerabilidade de acidentes (V1): baixo modelo construtivo onde distinguir-se moradias construídas com madeira, Madeirit e destroços de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos

	hidrológicos;
	b) Baixa vulnerabilidade de acidentes (V2): médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.
P	a) Elevada periculosidade (P1): alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;
	b) Baixa periculosidade (P2): baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (Brasil, 2007).

Dessa forma, os níveis de risco estão relacionados a 4 critérios que se baseiam como: risco muito alto (MA), risco alto (A), risco médio (M) e risco baixo (B). Os critérios referentes pelo Ministério das Cidades (Brasil, 2007) em relação aos dados de CV são estabelecidos conforme a Figura 2. Já os critérios de risco relacionados com a variável P (relação da matriz CVP), demonstrada na Figura 2, resultará no grau de risco final de cada área. Desse modo, o processo para classificação de risco de inundação foi feito para cada Zona de altitude e possibilitou chegar ao cenário final com as Zonas de risco de inundação da cidade de Iporá.

Matriz "CV"			
	C1	C2	C3
V1	M	A	MA
V2	B	M	A
Matriz "CVP"			
	P1	P2	
C1xV1	M	B	
C1xV2	B	B	
C2xV1	A	M	
C2xV2	M	B	
C3xV1	MA	A	
C3xV2	A	M	

Figura 2. Matrizes para identificação das Zonas de risco, em que: B = risco baixo, M = risco médio, A = risco alto, MA = muito alto. Matriz "CV": Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações. Matriz "CVP": Grau de risco final, segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo da drenagem das habitações. Adaptado do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007).

Validação dos dados

Posteriormente ao processo de análise espacial os dados foram verificados com visitas de campo. O intuito era verificar se de fato as áreas de risco já sofriam com o problema de inundação.

Para isso percorreu a marginal do Córrego Tamanduá, a parte mais baixa da cidade, e duas ruas paralelas mais próximas, após as chuvas na cidade para registrar pontos com problemas relacionados a inundação. Os registros foram feitos por meio de foto e vídeo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade foi dividida em quatro Zonas de altitude (Figura 3a), sendo que a Zona mais baixa é onde se localiza o córrego Tamanduá. Nota-se que o córrego atravessa a cidade de Iporá e permeia áreas de densa ocupação, como o setor central da cidade. O córrego possui uma parte canalizada que está totalmente inserida no perímetro urbano (Zona A). Desse modo, esperava-se que essa fosse a Zona mais propensa a problemas com inundações. Percebe-se também que a cidade não possui grandes valores de declividade (Figura 3b) e que na Zona A está concentrada a maior parcela de ocupação (Figura 3c).

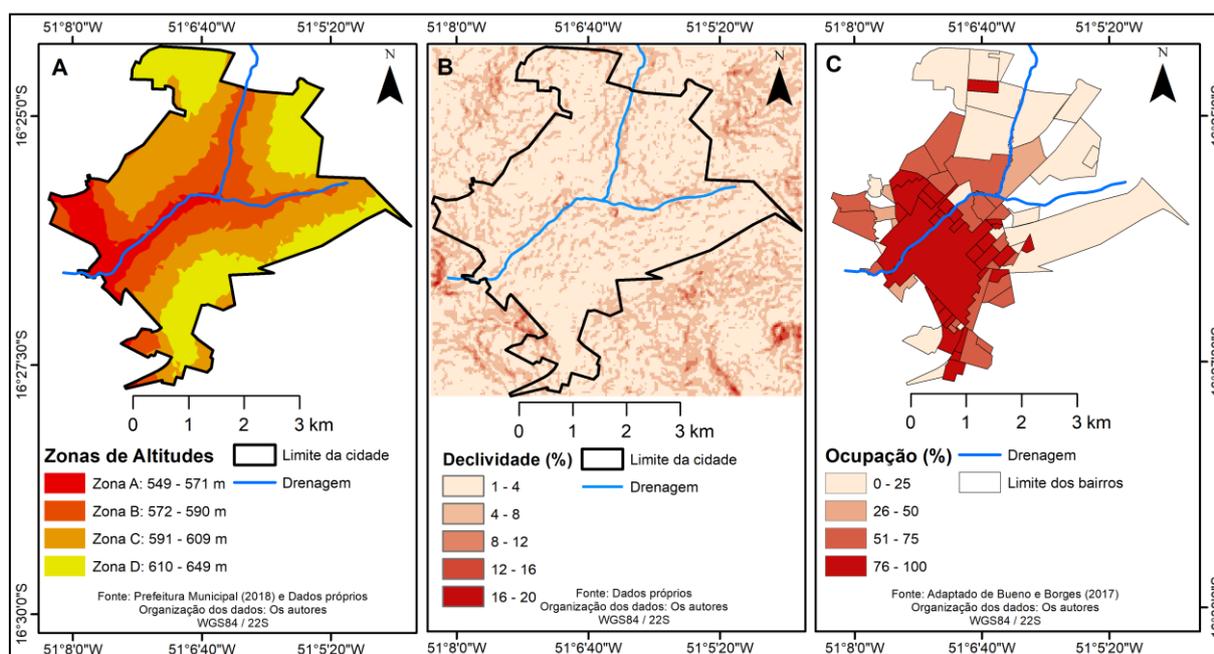


Figura 3. Representação da cidade de Iporá, Goiás, de acordo com as características de altitude (A), declividade (B) e ocupação dos bairros (C).

O mapa de altitude resultou em um mapa de risco de inundação conforme a altitude (Figura 4a), uma vez que essas regiões mais baixas estão mais propensas, por estarem próximas ao córrego. Assim, as regiões mais baixas, que também tendem a ter uma declividade maior, conforme pode ser observado na Figura 3, apresentam maior chance de inundação por estarem mais próximas ao corpo d'água.

Ao considerar os aspectos sugeridos por Brasil (2007) foi possível elaborar outro mapa de risco de inundação (Figura 4b). Como já foi dito, esse mapa relacionou aspectos sociais locais e as características de cada classe de altitude, conforme a Tabela 2.

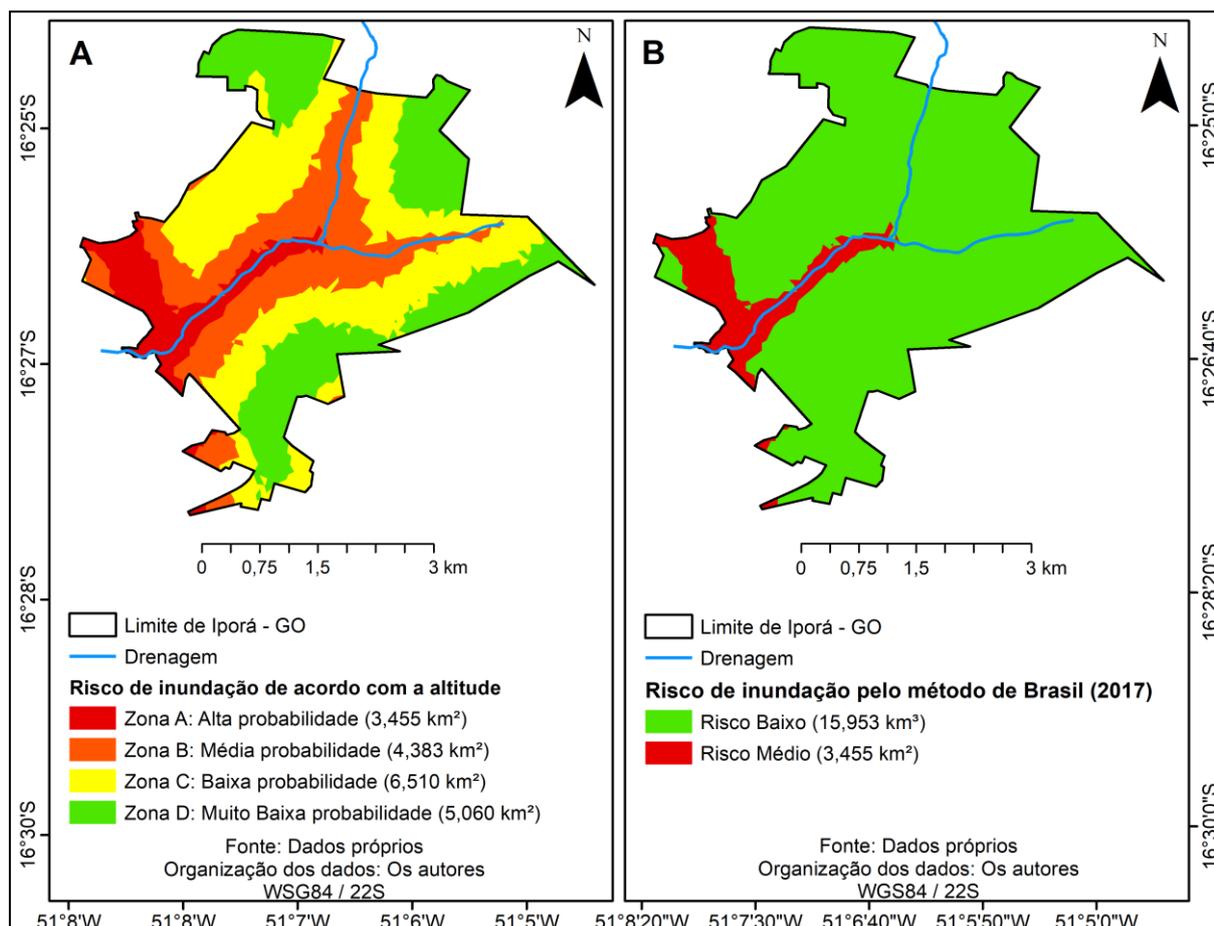


Figura 4. Áreas de risco de inundação em Iporá, Goiás: (A) área de risco de acordo com a altitude do terreno; (B) área de risco de acordo com o método estabelecido pelo Ministério das Cidades (Brasil, 2007).

Tabela 2. Grau de risco de acordo com a área e a junção das tabelas dada pelo Ministério das Cidades mostrando os cenários em Iporá-GO.

Zona	Cenário hidrológico	Vulnerabilidade	Distância	Matriz (C e P)	Matriz (CV e P)
A	C2	V2	P1	Risco Médio	Risco Médio
B	C1	V2	P1	Risco Baixo	Risco Baixo
C	C1	V2	P2	Risco Baixo	Risco Baixo
D	C1	V2	P2	Risco Baixo	Risco Baixo

Após a análise das matrizes, notou-se que a Zona A é a que realmente apresenta maior risco de inundação (Tabela 2), pois é a área de menor altitude e mais próxima ao córrego Tamanduá. Como essa Zona possui maior índice de construção de casas, também apresenta elevado risco para a população.

O exacerbado aumento do escoamento superficial, gerado pelas altas taxas de impermeabilização do solo, que resulta em diminuição do processo de infiltração, é a principal causa das inundações urbanas (SANTOS-JUNIOR e SANTOS, 2013). Por isso a Zona A merece atenção quanto aos riscos de inundações. A impermeabilização do solo contribuirá para o aumento do escoamento superficial e poderá sobrecarregar o sistema de drenagem (SANTOS et al., 2017).

Na Zona B podem ocorrer enchente e inundação de forma branda, tendo em vista que há presença de corpos d'água dentro dessa Zona, mas não há ocupação causando grande impermeabilização do solo, como na Zona A. Por outro lado, as Zonas C e D são mais elevadas, estão mais distantes do córrego e por isso o risco de inundação é baixo.

Estima-se que a porcentagem da população que ocupa a Zona A está mais sujeita tanto aos riscos de inundações como aos efeitos de enxurradas, tendo em vista que a área é mais baixa e recebe toda a contribuição de água de que precipita nas regiões mais altas da cidade. Assim, também já era esperado que as áreas baixas tivessem problemas com resíduos e objetos carregados pela enxurrada, o que foi confirmado pela visita de campo através da observação de grande quantidade de resíduos, como areia e lixo, que foram deslocados pelas enxurradas até as áreas mais baixas. Também foi observado que a maioria desses materiais acaba sendo transportada para dentro do córrego Tamanduá, entupindo canais e bueiros, todavia, infelizmente, a manutenção dessas vias não são feitas com frequência, o que agrava.

Por isso que o transporte de resíduos sólidos se torna um agravante para tal problemática que, por conta do descarte indevido, causa problemas como degradação da estética das ruas e risco de contaminação por algumas doenças (FERREIRA e ANJOS, 2001). Logo, percebe-se que não deve ser obrigação apenas dos setores ligados à saúde a função de erradicar doenças, pois ações de diversas linhas são necessárias para combater o cerne de questões estruturais para solucionar esses problemas (CARVALHO e ZEQUIM, 2003). Assim, tem-se na engenharia uma aliada das ciências da saúde.

Desse modo, é preciso que a população esteja preocupada e atenta em preservar o ambiente, no sentido estrito da palavra, pois o descaso com o córrego não é recente. Pereira e Alves (2013) apontam que o descaso com o córrego Tamanduá é cotidiano e, portanto, não há preocupação por parte da sociedade e do poder público, resultando em um ambiente alterado por esgoto, dejetos e objetos, que se assemelha ao descaso observado em grandes cidades. O córrego sofre tanto com a presença de esgoto doméstico como com as atividades agropecuárias a jusante (BATISTA et al., 2017).

Também foi possível notar, durante a etapa de observação, que há bueiros bloqueados nas proximidades do Córrego Tamanduá. Em alguns casos foi observado bloqueio por esses resíduos (como areia e lixo) e objetos transportados pela enxurrada (como garrafas, galhos e restos de construção). Houve dois casos em que os bueiros se encontravam bloqueados por concreto. Essa situação contribui com as inundações, pois demonstra que as galerias não estão funcionando adequadamente. Atitudes assim também indicam que a própria população agrava a situação, além da falta de manutenção das galerias pela prefeitura.

Nota-se como a urbanização é um fator importante a ser considerado no desencadeamento de impactos ambientais, pois pode oferecer riscos aos corpos hídricos e ao ciclo hidrológico da cidade, causando enchentes e transporte de resíduos na área urbana (FRITZEN e BINDA, 2011). Geralmente esses problemas são causados por conta da forma de ocupação, que ocorre nas proximidades dos corpos d'água de forma indevida, sem planejamento, e por isso resulta em inundações durante os períodos chuvosos (SANTOS-JUNIOR e SANTOS, 2013).

Observa-se que a cidade de Iporá, mesmo sendo uma cidade considerada pequena, apresenta problemas de infraestrutura e drenagem de água. De acordo com o mapa de altitude da cidade, nota-se que as zonas mais baixas apresentam a maior problemática, tanto pela grande quantidade de área ocupada, impermeável, como pela proximidade do córrego. Em alguns casos tanto o ajuste da rede de drenagem como a instalação de reservatório de detenção ajudam a minimizar o problema (SILVA-JUNIOR et al., 2017).

A Zona B não apresenta um risco alto de inundações, podendo apresentar apenas transporte de resíduos sólidos e enxurradas com nível de vazão grande, devido a inclinação do terreno. Já as Zonas C e D apresentam um risco mínimo, devido a incidência de vazão das enxurradas ser baixa. Essas duas últimas áreas podem sofrer também com a declividade do terreno, que por ser baixa ocasiona em acúmulo de água em algumas partes.

CONCLUSÃO

As principais áreas de riscos em Iporá estão localizadas nas partes mais baixas da cidade, ou seja, as Zonas A e B, o que corrobora com a hipótese inicial do trabalho. Essas Zonas se encontram próximas ao centro da cidade e ao longo do córrego Tamanduá, por isso necessitam de atenção do poder público. Também é preciso que haja manutenção da rede de drenagem da cidade.

É sugerido que uma análise das galerias fluviais e da rede de drenagem seja feita. Assim, poderá diagnosticar com maior precisão e fornecer soluções para os problemas de

inundações na cidade. Também é importante analisar a quantidade de áreas impermeáveis que contribuem para que os processos de inundações sejam recorrentes, a fim de encontrar alternativas junto ao plano diretor da cidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L. Ilha de Calor urbana em cidade de pequeno porte e a influência de variáveis geourbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, n. 20, p. 97-116, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. G.; GONÇALVES, J. L. M.; SAPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. F.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R. Avaliação do oxigênio dissolvido nas águas do Ribeirão Paraíso em Jataí-GO e Córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Caminhos da Geografia**, v. 18, n. 64, p. 296–309, 2017.

BENINI, L. R.; MEDIONDO, E. M. Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 211-222, 2015.

BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 p. 2007.

BUENO, L. M. DE P.; BORGES, J. C. P. A Segregação espacial urbana de Iporá (GO). **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v. 6, n. 2, p. 172-191, 2017.

CARVALHO, M. S.; ZEQUIM, M. A. Doenças infecto-contagiosas relacionadas as carências habitacionais na cidade de Londrina – Paraná (Brasil). **Scripta Nova: Revista Electrónica De Geografía Y Ciencias Sociales**, v. 7, 2003.

ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10.1. 2015.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**. Goiânia, Goiás, v. 5, n.3, p. 239-254, 2011. DOI: 10.5216/ag.v5i3.16703

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2001000300023>

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundações do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. Uberlândia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Minas Gerais, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí-ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, p. 63 – 70, 2011.

PEREIRA, J. M.; ALVES, W. S. Córregos em áreas urbanas: a atual situação do córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Revista Visão Acadêmica**, Goiás, 2013. ISSN 21777276

SANTOS-JÚNIOR, V. J.; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica (UNIFAP)**. Macapá, Amapá, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2013. ISSN 2179-1902.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS-FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017.

SILVA-JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R.; CABRAL, J. J. S. P. Compensatory alternatives for flooding control in urban areas with tidal influence in Recife – PE. **Brazilian Journal of Water Resources**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, v. 22, n. 19, 2017. ISSN 2318-0331. DOI: 10.1590/2318-0331.011716040

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 11 – 36. 2003.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. DOI: 10.1590/S0103-40142008000200007.

TUNDISI, J. G.; MASTSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 328 p.

SOBRE A AUTORA E OS AUTORES

Dhiego Alves Mariano

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)

Paula Lorraine Alves de Melo Souza

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)

Jefferson Eduardo Silveira Miranda

Departamento de Engenharia, Faculdade de Iporá (FAI)

Recebido em abril de 2021.
Aceito para publicação em julho de 2021.