

MAPA DE INUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO DA CGH CORUJÃO NA ÁREA URBANA DA CIDADE DE ARAGUAÍNA/TO

FLOOD MAP OF THE CGH CORUJÃO RESERVOIR IN THE URBAN AREA OF THE CITY OF ARAGUAÍNA/TO

Leonardo Moreira Santana¹
Adriano Frutoso da Silva²
Lázaro Lourenço Neto³

RESUMO

Este estudo foi conduzido com o objetivo de analisar os impactos do reservatório da barragem PCH Corujão na área urbana da cidade de Araguaína/TO. A área do estudo foi selecionada em função a importância econômica da cidade de Araguaína, considerada a capital econômica do Tocantins. Procedeu-se de um levantamento de dados e caracterização do córrego Neblina, que deságua no reservatório da CGH, para compreender de que forma a ocorrência de níveis elevados de chuva faz com que o córrego transborde e eleve os riscos de inundação em área urbana. Verificou-se que a maioria das articulações (exceto 05) apresentam riscos de afogamento de adultos de média estatura em função da velocidade das águas. Diante do exposto, verifica-se que os benefícios são inúmeros, tanto para a população quanto para a administração pública, com redução de gastos e custos aos cofres públicos, além de maior garantia de preservação da vida e do patrimônio dos indivíduos que residem em áreas de elevada vulnerabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: : Inundações; CGH Corujão; Impactos; Riscos.

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the impacts of the PCH Corujão dam reservoir on the urban area of Araguaína/TO. The study area was selected based on the economic importance of the city of Araguaína, considered the economic capital of Tocantins. A data survey and characterization of the Neblina stream, which flows into the CGH reservoir, were carried out to understand how high rainfall levels cause the stream to overflow and increase the risks of flooding in the urban area. It was observed that the majority of joints (except 05) pose drowning risks for average-height adults due to the speed of the water. In light of the above, numerous benefits were

¹ Engenheiro Civil, Especialista Estruturas e Fundações, Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental (PEBGA/UFGA), Professor nos cursos de Engenharia Civil, Agronomia e Zootecnia do IESC/FAG. E-mail: leomoreiraeng.civil@gmail.com

² Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Geotecnia (Universidade de Brasília). E-mail: adriano.silva@ufr.br

³ Estudante de Engenharia Civil, do Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraí (IESC/FAG). E-mail: lazarol.neto@hotmail.com

identified for both the population and public administration, including reduced expenditures and costs to public funds, as well as increased assurance of preserving the lives and property of individuals residing in areas of high vulnerability.

KEYWORDS: Floods; CGH Owl; Impacts; Scratches

INTRODUÇÃO

Inundações estão atreladas a inúmeros fatores, porém, deve-se ressaltar que a ação do homem sobre as características locais altera as especificidades das regiões e causa impactos sobre fatores meteorológicos. A urbanização é um fenômeno crescente, fazendo com que cada vez mais as áreas sejam construídas para atender às demandas populacionais, o que elimina espaços livres do solo para a infiltração de águas (TENG *et al.*, 2017).

Nas regiões ribeirinhas o risco de enchentes e alagamentos são maiores, especialmente diante de precipitações excessivas em curtos períodos de tempo, causando uma sobrecarga sobre a bacia e, assim, comprometendo a capacidade de escoamento. Conhecer as áreas urbanas e compreender de que forma as inundações podem atingir diferentes locais é medida essencial para que sejam desenvolvidas ações preventivas ou corretivas (FELIZARDO, 2016).

Nesse contexto encontra-se a cidade de Araguaína/TO, onde a ocorrência de inundações é relativamente frequente, com impactos diversos sobre os sistemas de infraestrutura. Quando as chuvas ocorrem de forma acentuada, os córregos que cortam a área urbana transbordam e os moradores, comércio e indústria sofrem com o tempo comprometido durante a inundação, bem como a necessidade de recuperação desses danos.

Outro fator que contribui com essa questão é a existência do CGH Corujão, na área urbana, impedindo o escoamento rápido das águas de inundação e, assim, aumentando ainda mais os riscos relacionados à gravidade dessas ocorrências. Nesse sentido, o intuito desse trabalho é estimar as manchas de inundação na área urbana, a montante do barramento, visando quantificar os impactos na infraestrutura urbana, indicando não apenas a vulnerabilidade, como também as consequências relacionadas.

Na área de influência da CGH Corujão, verifica-se que existem riscos materiais, envolvendo comércios diversos, residências e veículos, riscos à saúde e à vida da população, bem como riscos ao patrimônio público, pelos elevados impactos sobre estruturas como ruas, calçadas, sinalização, etc. Os eventos de risco envolvem as precipitações, dessa forma, para cada nível de precipitação surgem os riscos na área de estudos. As vulnerabilidades da área envolvem a construção de residências, prédios de serviços diversos, comércio e indústria em áreas com risco potencial de alagamento, de modo que cada vez que isso ocorre, é preciso encontrar formas de corrigir os impactos para a retomada da vida cotidiana normal (CANIL; LAMPIS & SANTOS, 2020).

Vale ressaltar que, além das causas naturais, a elevação do volume do leito

dos rios pode ser acentuada também em virtude da impermeabilização do solo. Assim logo após as precipitações, as águas podem seguir três direções principais: para cima; para baixo e horizontalmente, e em situações de chuvas intensas e por meio da impermeabilização dos solos (LIMA, 2018).

Contudo, esse estudo justifica-se pelo fato de que a ocupação habitacional na área de influência da CGH Corujão é bastante significativa, e o risco de inundações é bastante iminente, assim, é essencial verificar qual a mancha de inundação em cenários específicos de precipitações e dentro de determinados períodos de tempos, como forma de elevar a segurança da população e reduzir impactos ambientais, econômicos, materiais e que envolvam riscos à vida desses moradores.

Portanto o presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos do reservatório da barragem PCH Corujão na área urbana da cidade de Araguaína/TO, caracterizando hidrologicamente a bacia do Rio Lontra, além de mapear as áreas de inundações e identificar os riscos associados às inundações e quantificar os impactos nos sistemas de infraestrutura urbana.

METODOLOGIA

A área do estudo foi selecionada em função a importância econômica da cidade de Araguaína, considerada a capital econômica do Tocantins. Nesse sentido, a ocorrência de inundações pode trazer impactos consideráveis em diversas áreas, especialmente para a economia, o que justifica a necessidade de compreender melhor quais são os riscos diante de diferentes parâmetros. A cidade localiza-se às margens do Rio Lontra, além de ter em seu território vários córregos, sendo o Neblina o mais relevante, por drenar a região de maior ocupação da cidade, com ocorrência de poços profundos e grandes vazões

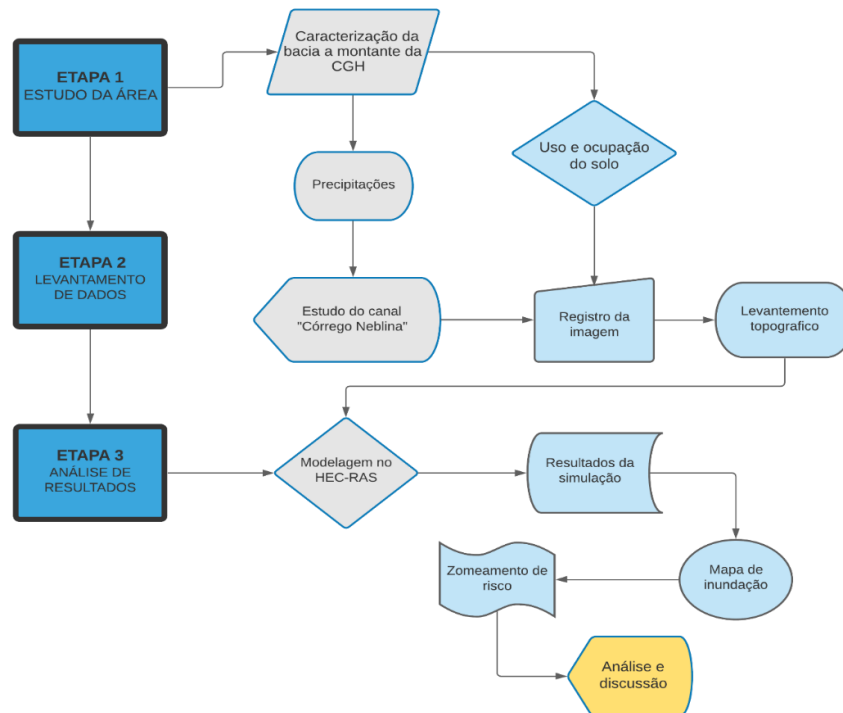
Em Araguaína, a ocupação por APA – Área de Proteção Ambiental, refere-se à APA das Nascentes de Araguaína, com extensão aproximada de 16 mil hectares, localizada ao nordeste da cidade. Sua criação se deu para a proteção de nascentes, cursos d'água, flora e recursos com potencial turístico, para que fossem utilizados de forma equilibrada, sem levarem à destruição ambiental. Ocupa uma área de floresta Amazônica (1,53%), o cerrado é mais denso, comum na região de transição (98,47%) (ENEL, 2018).

A central geradora hidrelétrica Corujão caracterizadas como estruturas com potência instalada menor ou igual a 1 MW, situa-se no perímetro urbano da cidade de Araguaína, norte do Tocantins, nas coordenadas 48°14'15" W e 7°12'35" S, com aproveitamento no rio Lontra (sub-bacia 28), integrante da bacia do Araguaia (ENEL, 2018).

A bacia de drenagem da usina tem uma área aproximada de 449 km², o reservatório é de 2,57 km² em NA normal. A usina opera a fio de água, com barragem de terra, vertedor em concreto (comportas agulhas), casa de máquinas e sistema de adução em concreto (Enel, 2018). O comprimento total da barragem é de 815,50 metros e altura máxima de 11,25 m. A crista da barragem está na cota 202,50 m. O vertedouro tem a sua soleira na cota 200,72 m. O perfil do paramento de jusante é do tipo Creager e degraus, o escoamento do vertedouro descarrega no canal de

restituição e o da casa de força aflui nesse canal logo a jusante. A vazão máxima é de 157 m³/s, a vazão mínima de 9,3 m³/s e a média de 32,1 m³/s (ENEL, 2018). O fluxograma (Figura 1) esquematiza as etapas metodológicas a serem seguidas para o desenvolvimento dos estudos.

Figura 1. Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: Autores (2021)

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontra-se a descrição das áreas de influência das microbacias, enquanto a Tabela 2 traz as áreas de influência de córregos e nascentes.

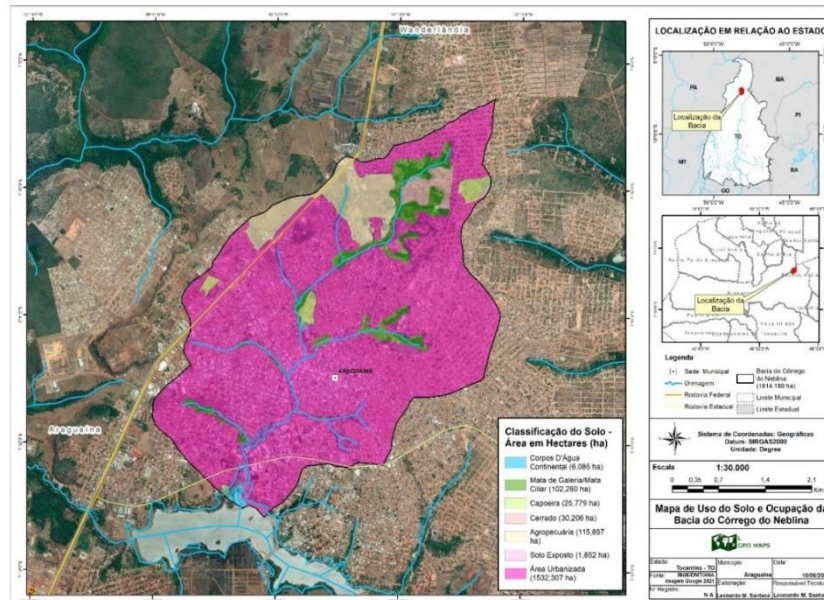
Tabela 1. Áreas de influência - microbacias

MICRO BACIAS	
Nome	Área (ha)
Nascente do Neblina	298
Canindé	357
Biquinhas Bandeiras	151
Tanque	187
Nascente 10 Neblina	82
Nascente Urbanístico	159
São Miguel - APAE	114
Foz do Neblina	80
Ademar Vicente Ferreira	35
Santa Helena	84

TOTAL		1547
Fonte: Autores (2021)		
Tabela 1. Áreas de influência - córregos e nascentes		
CÓRREGOS E NASCENTES		
Nome	Comprimento (m)	
Nascente 1	268	
Nascente 2	268	
Neblina - Parte Superior	2.038	
Nascente 3	223	
Nascente 4A	149	
Nascente 4	271	
Nascente 5	613	
Nascente 6	749	
Nascente 6A	242	
Nascente 7	324	
Nascent 7A	419	
Neblina Principal	5.049	
Nascente 10	1.161	
Tanque	1.198	
Córrego Canindé	2.026	
Nascente Sesi	579	
Biquinha	732	
Grota do Entrocamento - Água Feia	1.002	
Nascente Urbanístico 2	263	
Nascente Senador	306	
Nascente Senai	591	
Nascente Bandeiras	1.190	
Nascente Pecuária	495	
Nascente São Miguel - Apae	1.224	
Nascente Lago	413	
TOTAL		21.793
Fonte: Autores (2021)		

Na Figura 2 pode-se verificar as imagens do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Neblina.

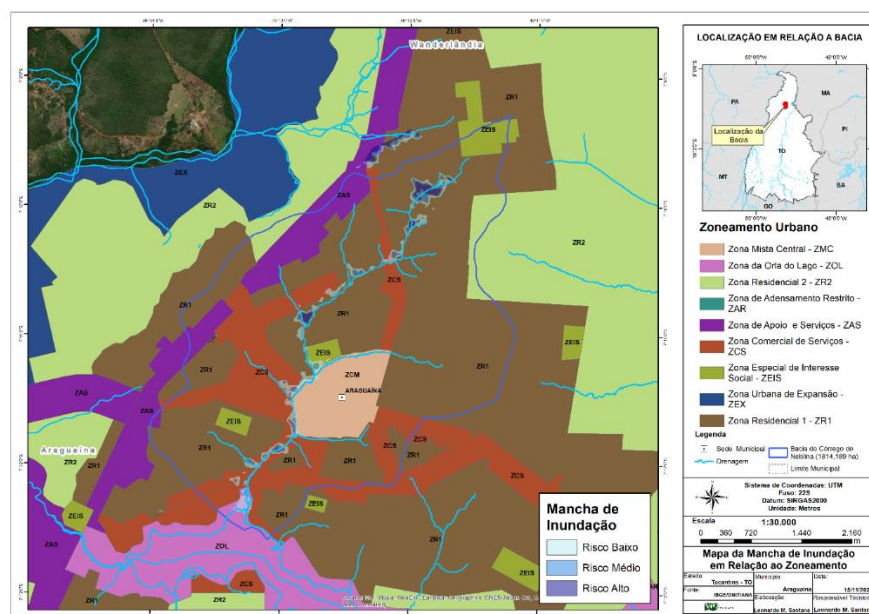
Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Neblina.



Fonte: Autores (2021).

A figura 3 apresenta o zoneamento do perímetro urbano de Araguaína de acordo com o plano diretor do município. Ressalta-se que os mapas foram elaborados seguindo e obedecendo as diretrizes municipais já estabelecidas.

Figura 3. Mapa de Zoneamento do perímetro urbano da cidade de Araguaína.



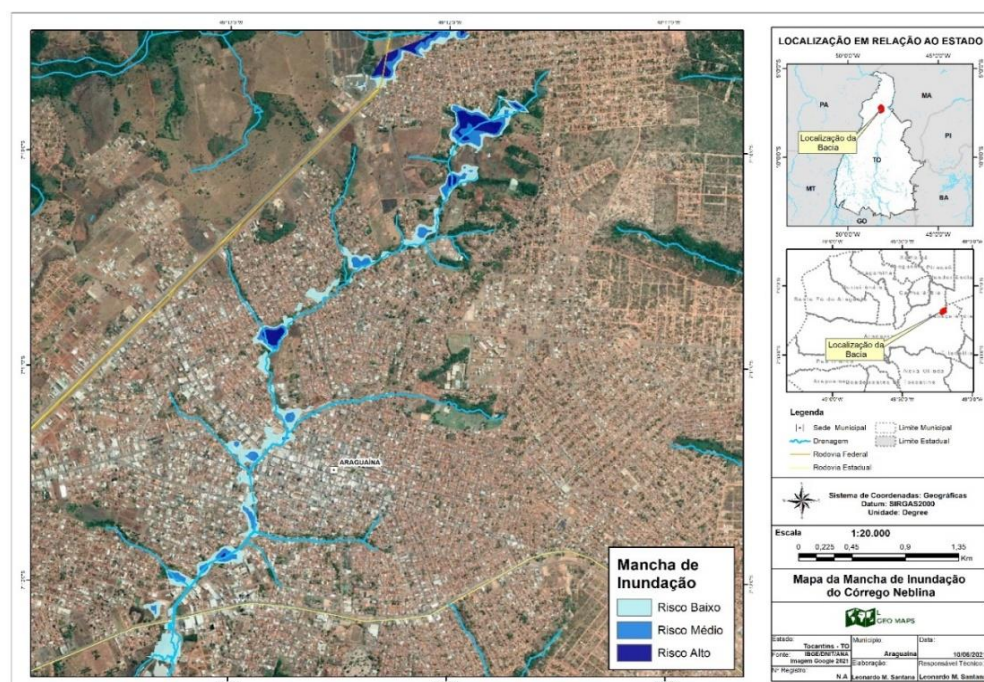
Fonte: Autores (2021)

No art. 35 do Plano Diretor (Araguaína, 2017) há a descrição completa das zonas na cidade, conforme segue. I - Zona Mista Central - ZMC, II - Zona Comercial e de Serviços - ZCS, com média densidade, basicamente no entorno da ZMC e ao longo das vias arteriais e coletoras, sendo admitido o uso habitacional; III - Zona Residencial 1 – ZR1; IV - Zona Residencial; 2 – ZR2; V - Zona Especial de Interesse Social – ZEIS.

O valor total de precipitação que foi considerado, foi de uma chuva de pico de 2 horas, a mesma ocorreu no dia 25/04/1997, sob domínio da estação com código 82659, onde ela registrou a marca de 137.8 mm. O maior valor encontrado dentro do registro dos últimos 30 anos.

Vale frisar que os dados coletados indicam que não há um impacto considerável nas áreas de inundação decorrente do reservatório da barragem PCH Corujão na área urbana da cidade de Araguaína/TO. Quanto ao mapeamento das áreas de inundações, após a inserção dos parâmetros no programa, foram realizadas as articulações para melhor visualização e interpretação das imagens, como é possível observar nas figuras descritas ao longo dos resultados do trabalho. Inicia-se apresentando a mancha de inundação no canal do Córrego Neblina em uma visão geral (Figura 4).

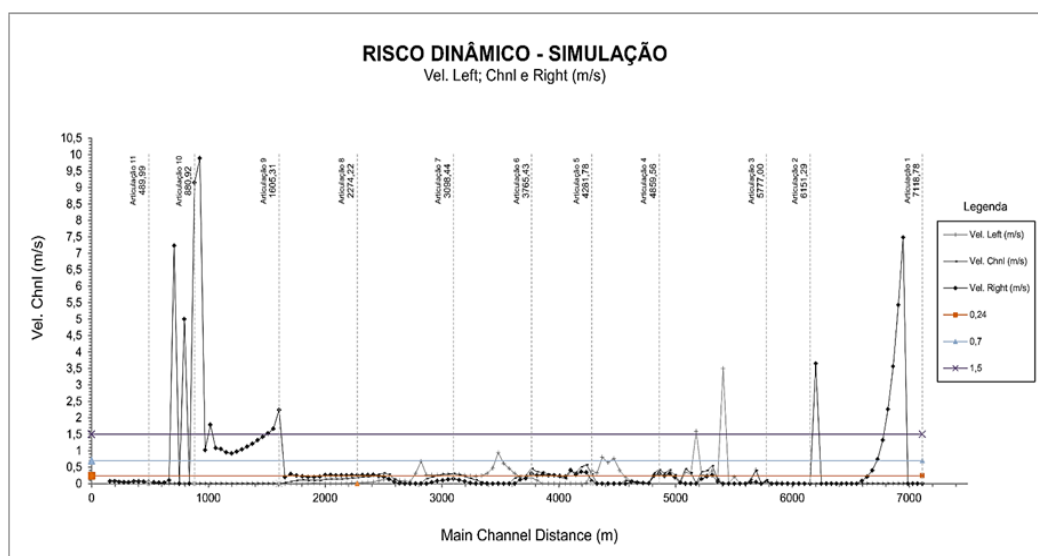
Figura 4. Mancha de inundação no canal do Córrego Neblina – Geral.



Fonte: Autores (2021).

Na figura 5 verifica-se a simulação do risco dinâmico com base na velocidade, lado esquerdo, canal e lado direito.

Figura 5. Risco Dinâmico-Simulação.



Fonte: Autores (2021).

A análise da figura 5 sobre o risco dinâmico geral do canal, apresenta que os riscos estruturais ocorrem nas articulações 01, 02, 03, 09 e 10. Os riscos aos indivíduos, especialmente de afogamento então presentes em todas as articulações excetuando-se a 05.

Ferreira (2017) ressalta que as intervenções diretas em leitos de rios (canalizações ou retificações), bem como as alterações promovidas no uso do solo podem ser consideradas como fundamentais para o aumento significativo nos aspectos relativos ao processo de vulnerabilidade a desastres a que estão submetidos determinados grupos sociais.

Ainda, segundo o autor, a canalização de cursos d'água pode, em determinados casos, ser caracterizada somente como a transferência do problema de um local ao outro, o que muitas vezes tem o potencial de desencadear uma "falsa" sensação de segurança que não resiste à primeira cheia. A retificação de um rio gera como consequência um aumento da velocidade das águas, sendo vista como potencial indutora de desastres (FERREIRA, 2017).

Em pesquisa desenvolvida por Sousa (2018), investigou-se a existência de inúmeros métodos de valoração de danos para se estimar as perdas econômicas em setores como moradias, educação e cultura, bem como na saúde. Na infraestrutura de serviços, encontram-se setores de transporte, comunicação, energia, água e saneamento das áreas que sofrem inundações. Além disso, há também métodos voltados para estimar danos ao meio ambiente, os efeitos macroeconômicos.

Para Rocha (1995), cada um dos impactos desencadeados pela inundação pode estar associado a um ou mais parâmetros hidráulicos do fenômeno de inundação e/ou da submersão na área considerada, parâmetros esses que na prática se utilizam

mais referente da altura da lâmina d'água, tempo de submersão e velocidade.

A maioria dos estudos científicos trata de valoração de danos decorrentes de inundações provocadas por cheia naturais, considerando preponderantemente o fator da altura da lâmina d'água, todavia, para onda de cheia provocada por rompimento de barragens, é preciso avaliar o fator periculosidade dinâmica, já que o mesmo tem sua relevância em razão da definição das consequências da cheia induzida (SOUZA, 2018).

A respeito do assunto, Nagem (2008) elenca que a altura é vista como um dos fatores de maior relevância no âmbito da mensuração dos danos das cheias urbanas, sendo um dos parâmetros mais simples de se trabalhar, o que contribui diretamente para ser um parâmetro mais utilizado nas avaliações dos danos. Inclusive, tal fator é responsável por determinar a dimensão dos estragos, como no caso de delimitar se as inundações ficarão restritas às ruas e calçadas, ou se atingirão as edificações.

Ainda de acordo com Nagem (2008), um dos métodos recomendados para estimar os danos é por meio curva nível x prejuízo, todavia, muitas vezes a obtenção de uma curva confiável é considerada complexa, o que dificulta a realização deste trabalho.

Assim, para que se consiga atingir sua obtenção são necessários, de acordo com Vaz (2015): A realização de um levantamento planialtimétrico cadastral de toda área sujeita a inundação; avaliação dos bens imóveis; avaliação dos bens móveis e equipamentos atingidos; O desenvolvimento de estimativa de perdas oriundas da interrupção dos acessos e de tráfego; estimativa das despesas de limpeza e desinfecção das áreas atingidas e avaliação das perdas dos setores industrial e comercial submetidos a inundação.

Conforme Canholi (2005), quando não existem valores reais é recomendado fazer uso de índices estimados para a quantificação dos prejuízos, como o valor por m² das áreas residências, comerciais e/ou industriais, custos estimados para veículos particulares e comerciais, bem como o tempo perdido pelos passageiros de determinada localidade atingida.

Fadel (2015) acredita que os prejuízos às edificações podem ser identificados por meio dos custos de reforma de um imóvel de acordo com determinados padrões construtivos, dentre eles: alto, normal, baixo e popular. Além disso, para que ocorra a avaliação dos danos no setor habitacional, um dos critérios está voltado para o enquadramento em classes socioeconômicas dos atingidos, como a renda dos moradores, a qualidade da construção, a área construída, conservação, grau de estudo do chefe familiar e disponibilidade de empregada doméstica.

Ledra (2014) esclarece que os impactos das inundações são variados, envolvem economia, sociedade, infraestrutura, entre tantos outros. Os prejuízos econômicos atingem a gestão pública pela necessidade de auxiliar a população e as instituições na reconstrução dos locais atingidos. Além disso, “[...] os prejuízos sociais, também bastante significativos, afetam diretamente a vida dos habitantes, que sofrem com a perda de seus bens, com a contaminação por doenças e, em algumas situações extremas, com a perda de vidas [...]”.

Em relação aos prejuízos oriundos de inundações, Tachini (2010) considera que os mesmos são proporcionais à profundidade de submersão e características dos domicílios. Para o autor seria necessário um imóvel padrão para a análise dos danos

em função variabilidade das características construtivas das edificações residenciais que ao longo dos anos só aumenta, especialmente quanto à localização, idade, área do imóvel e do estado de conservação.

Dessa forma, a fim de conseguir diminuir essas incertezas, Tachini (2010) recomenda como critério Enquadramento das Edificações proposto pela NBR 12.721/2006 “Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios de edifícios.

Portanto, ao analisar a determinação dos danos, Henrique (2020) cita que primeiramente obtém-se o prejuízo unitário, extrapolando-o para quaisquer áreas inundadas, de qualquer padrão construtivo. Tal método tem por objetivo o custo unitário de reconstrução através do Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) em função da classe socioeconômica da região atingida, devendo ser extrapolado para que, assim, seja possível identificar o custo total aplicando um fator de depreciação.

Na tentativa de quantificar os impactos sofridos pela inundação na presente pesquisa, foi elaborado um gráfico com algumas informações relativas às manchas, articulações, áreas atingidas (Parcial ou Total), dados sobre quanto lotes foram atingidos, lotes comerciais e/ou residenciais, qual a área do alagamento, o perímetro do alagamento de vias públicas (Largura ou Comprimento), área de pavimentação (m^2) e área de calçada (m^2) conforme a Figura 6 abaixo. Ressalta-se que a área total atingida pela água é de $594.058 m^2$, valor convertido de $0,594058 Km^2$.

Assim, na tentativa de quantificar os impactos sofridos pela inundação na presente pesquisa, foi elaborado um gráfico com algumas informações relativas às manchas, articulações, áreas atingidas (Parcial ou Total), dados sobre quanto lotes foram atingidos, lotes comerciais e/ou residenciais, qual a área do alagamento, o perímetro do alagamento de vias públicas (Largura ou Comprimento), área de pavimentação (m^2) e área de calçada (m^2) conforme a Figura 6 abaixo. Ressalta-se que a área total atingida pela água é de $594.058 m^2$, valor convertido de $0,594058 Km^2$.

Figura 6. Quantitativos dos impactos.

MANCHAS	ARTICULAÇÕES	PERIMETRO (m)	ÁREA (Km ²)	ÁREAS ATINGIDAS		FINALIDADE		TOTAL ATINGIDO	VIAS PÚBLICAS		ÁREA DE PAVIMENTAÇÃO (m ²)	ÁREA DE CALÇADA (m ²)
				PARCIAL	TOTAL	RESIDENCIAL	COMERCIAL		LARGURA	COMPRIMENTO		
1	1	2,578.00	0.1419	1.00	19.00	17.00	2.00	19.00	-	-	-	-
2	2	252,37	0.00371	2.00	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-
3	2	106,50	0.000692	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	1,149.00	0.04592	-	4.00	4.00	-	4.00	-	-	-	-
5	3	1,191.00	0.003428	2.00	2.00	4.00	-	4.00	-	-	-	-
6	4	262,71	0.003872	3.00	-	3.00	-	3.00	-	-	-	-
7	4	824,60	0.02754	6.00	10.00	13.00	3.00	16.00	6.00	323.00	1,938.00	646.00
8	4	270,79	0.001851	2.00	1.00	3.00	-	4.00	-	-	-	-
9	5	887,44	0.01898	10.00	29.00	38.00	1.00	39.00	6.50	336.00	2,184.00	1,516.89
10	5	241,17	0.00301	3.00	11.00	13.00	1.00	14.00	6.50	87.00	565,5	392,5
11	6	134,60	0.000818	4.00	3.00	7.00	-	7.00	6.50	36.00	234.00	142.00
12	6	118.00	0.0502	11.00	23.00	34.00	-	34.00	5.40	84.00	453,6	189.00
13	6	533.37	0.01456	-	19.00	19.00	-	19.00	7.00	150.00	1,050.00	464.00
14	7	279,26	0.003933	1.00	4.00	5.00	-	5.00	7.50	92.00	690.00	138.00
15	7	1,124.00	0.02642	6.00	4.00	8.00	2.00	10.00	6.00	320.00	2,156.40	208.00
16	7	188.00	0.0622	10.00	54.00	28.00	36.00	64.00	7.40	1,004.50	7,433.30	4.05
17	8	470,99	0.01072	-	10.00	7.00	3.00	10.00	7.30	253.00	1,856.50	564.00
18	8	1,202.00	0.03592	5.00	48.00	24.00	29.00	53.00	7.00	1.01	7.04	2.59
19	8	92.55	0.000388	2.00	-	1.00	1.00	2.00	-	-	-	-
20	9	1,137.00	0.0457	6.00	29.00	32.00	3.00	35.00	7.30	620.00	4,741.50	2.98
21	10	711.63	0.02491	3.00	16.00	19.00	-	19.00	7.50	172.00	1,156.00	249.00
22	10	126.09	0.00076	1.00	1.00	-	2.00	2.00	-	-	-	-
23	10	513.56	0.01224	1.00	1.00	-	2.00	4.00	-	-	-	-
24	10	214.03	0.00285	-	-	-	-	-	7.00	55.00	385.00	220.00
25	11	295.10	0.004616	-	-	-	-	-	10.00	26.00	260.00	118.00
26	11	1,024.00	0.04692	1.00	-	-	1.00	1.00	9.40	373.00	3,506.20	1,305.50
TOTAL		12,197.33	0.594058	80.00	288.00	281.00	86.00	370.00	114.30	3,932.51	27,597.94	5,770.01

Fonte: Autores (2021)

Conforme os dados acima, percebe-se que os impactos sofridos na área residencial foram superiores à área comercial. Ao analisar as informações sobre largura x comprimento nas vias públicas, percebe-se de que forma tais impactos vêm influenciando diretamente na localidade do estudo, além de ser possível a identificação da área de pavimentação (m²) x área de calçada (m²)

Sobre o assunto, destaca-se que no trabalho de Henrique (2020), ao avaliar os impactos a jusante da barragem lombada do sabão em Porto Alegre/RS em caso de rompimento, foi feito um processo de cálculo dos prejuízos no qual identificou-se que a quantidade de casas na área inundada representa apenas 15% do total de domicílios, entretanto, o levantamento da quantidade de edifícios na área inundada por ser considerado muito complexo e não foi incluído no referido estudo.

Na identificação do prejuízo total causado nas edificações, Henrique (2020) explica a necessidade da realização de uma somatória dos prejuízos unitários de cada setor censitário, conforme o padrão construtivo das edificações em função da classe social a qual pertencem os moradores, bem como da profundidade de inundação. Com tais dados pode-se observar que das edificações urbanas atingidas, 84% representam edifícios destinados a comércio, serviços e instalações industriais e por isso os prejuízos oriundos pelo rompimento de uma barragem podem estar relacionados tanto a danos ambientais, infraestruturas como a perda de vidas humanas.

Entende-se que os prejuízos devem ser divididos em mensuráveis e imensuráveis, diretos e indiretos, já que a partir do momento que se tem tais dados é possível aplicar a tomada de decisão acerca de uma intervenção em uma estrutura deteriorada e/ou no planejamento de ações a serem tomadas.

Fadel (2016) enfatiza que a partir do processo histórico de ocupação,

especialmente quando ocorre por ocupação irregular, os canais fluviais e matas ciliares sofrem os impactos, principalmente pelos sedimentos lançados do rio, bem como efluentes *in natura*, já que muitas das vezes são inexistentes ou insuficientes as redes de esgoto nessas áreas. Como as margens são habitadas, o que leva à retirada da vegetação, essas áreas são impermeabilizadas e isso contribui para a ocorrência de inundações.

Compreende-se, assim, que há uma necessidade inquestionável de organizar e aplicar políticas públicas capazes de garantir que os cidadãos não tenham que habitar áreas impróprias por não entenderem quais são os perigos envolvidos ou pela falta de suporte adequado de suas necessidades.

De acordo com Brasil (2012), é por meio da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, que é de competência dos municípios, a identificação e mapeamento das áreas de risco de desastres. Neste sentido, a prefeitura de Araguaína elaborou o Plano diretor através da Lei complementar nº 051, de 02 de outubro de 2017, no qual enfatiza sobre as áreas susceptíveis à inundação e dentre outros aspectos (Brasil, 2017).

Pesquisas voltadas para as inundações são importantes para a finalidade de auxiliar na identificação e mapeamento de áreas de risco, por isso o plano diretor é visto como um instrumento de suma importância, juntamente com os mapas de inundação.

Neste tocante no Plano diretor de Araguaína na Seção II – Da Preservação e Uso Sustentável do Meio Ambiente, em seu art. 12, aborda a questão das Áreas de Preservação Permanente do Município, definindo que cabe ao Poder Executivo, com a participação da sociedade, a adoção das seguintes ações:

§3º As Áreas de Preservação Permanente dos rios Jacuba, Lontra, Prata e Jardim inseridos dentro do perímetro urbano é definida pela largura mínima de 50 (cinquenta) metros desde a borda da calha do leito regular.

§4º A Áreas de Preservação Permanente - do Lago Azul obedece ao contido no art. 62 da Lei Federal no 12.651 de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, sendo considerada como a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima maximorum não inferior a 30 (trinta) metros.

III - identificação, no prazo máximo de um ano após a vigência desta Lei Complementar, das áreas de 6 vegetação constituídas por mata ciliar dos corpos d'água, excedentes às Áreas de Preservação Permanente -, que ficam consideradas prioritariamente como áreas verdes urbanas destinadas à proteção dos recursos hídricos nos termos do art. 25 da Lei Federal no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

Diante disso, o mapa de perigo e a delimitação das áreas inundáveis encontram-se disponíveis no plano diretor do município de Araguaína, no qual é definido as Áreas de Proteção Integral a partir da legislação federal como Áreas de Preservação Permanente ou como Unidades de Proteção Integral.

Jacho (2017) ressalta que a urbanização é um processo em constante crescimento em todo o mundo, ainda que em proporções diversas. Junto com ela o que ocorre é a alteração das características do solo, sua forma de uso e ocupação dos territórios e, com isso, as respostas hidrológicas nessas áreas passam por alterações significativas a capacidade de infiltração são afetados, a água da chuva fica acumulada levando a um maior escoamento superficial e, assim, as inundações

tornam-se repetitivas.

Sem um planejamento urbano adequado, em poucos anos a maioria das cidades enfrentará alguma proporção de inundações, prejudicando a população, saúde, economia, administração pública, enfim, causando prejuízos severos ao cotidiano de todos (JACHO, 2017).

Quanto mais as populações crescem, mais necessitam de espaços para fixar suas residências e suas atividades, de modo que áreas que deveriam ser preservadas e resguardadas da ação humana acabam se tornando locais altamente habitados e nos quais outras tantas atividades sociais são realizadas. Com isso, essas áreas não apenas deixam de ser aplicadas para sua finalidade adequada, mas tornam-se espaços de risco para a população (LIMA, 2016).

Diante de todo o exposto é essencial ressaltar que a vulnerabilidade das populações às inundações, não raramente, deve ser destacada como resultados de uma associação de diferentes fatores, sendo que a ação do homem não pode ser excluída dessa análise.

O homem ocupa o solo pensando em suas necessidades ou como sua única opção, porém, não existe um cuidado para evitar que essa ocupação lhe traga, em algum momento, prejuízos maiores do que os benefícios que esperava obter. A vulnerabilidade tem associação direta com a falta de apoio, organização e cuidados com pessoas em situação já considerada crítica e que encontram nesses locais a única possibilidade de moradia (LEDRA, 2016).

Reis (2018) complementa ressaltando que as áreas que foram ocupadas pela vegetação passam a ser ocupadas pela população, fazendo com que as pessoas estejam em risco nos locais em que deveriam se sentir protegidas, em suas residências.

Portanto compreende-se que o risco de inundação na área urbana da cidade de Araguaína/TO é oriundo de um contexto espaciotemporal, advindo de uma urbanização sem planejamento, a partir da implantação de grandes empreendimentos públicos e privados. Desta forma percebe-se que o risco de inundação na área de é resultado de um longo processo desenvolvimento heterogêneo, aliada a gerenciamento ambiental ausente, bem como o aumento da população e que muitas vezes não possui uma percepção ambiental adequada e de risco em torno da região.

CONCLUSÃO

Em relação aos impactos do reservatório da barragem CGH Corujão na área urbana da cidade de Araguaína/TO, foi possível observar que ele influencia pouco nas áreas de inundações. O fato é que algumas áreas podem sofrer alto grau, mas são limitadas, assim, partes da zona mista central, zona residencial 02, zona comercial de serviços, zona especial de interesse social e zona residencial 01 podem, em pequena proporção, ser consideradas como alto risco, predominantemente o risco é médio e baixo.

No estudo desenvolvido, a maioria das articulações (exceto 05) apresentam riscos de afogamento de adultos de média estatura em função da velocidade das águas. Esses riscos não foram destacados entre crianças, mas certamente são ainda maiores, o que demonstra a vulnerabilidade desses locais quanto utilizados para a

habitação de famílias.

O presente estudo oferece algumas contribuições para o local sobre o qual foi realizado, quais sejam:

Identificação de áreas de maior vulnerabilidade quanto a falhas e colapsos de estruturas de alvenaria, informações essenciais para o desenvolvimento de um plano diretor no qual essas áreas de maior risco são excluídas de utilização para habitação, comércio, serviços e outras atividades. Com o acesso ao mapa de riscos na íntegra, a prefeitura tem a possibilidade de desenvolver programas habitacionais futuros para que as estruturas ali existentes sejam desativadas e empresas, residências, serviços e outros sejam direcionados para outras áreas, com segurança e garantia de direitos.

O planejamento urbano, em atividades como estudos de drenagem, necessita dessas informações para que possam ser desenvolvidos de forma assertiva e efetiva, beneficiando a administração pública, por evitar danos que precisem ser corrigidos e exigem recursos, além de melhorar a infraestrutura de serviços e tornar o cotidiano dos cidadãos mais seguro.

A defesa civil, de posse dos dados obtidos, pode desenvolver programas de apoio aos moradores da região, emitir alertas de risco de forma mais ampla diante de previsão de chuvas intensas e inundações, permitindo que os indivíduos que se encontram nessas áreas possam buscar alternativas mais seguras para esses momentos de risco.

O setor de vigilância sanitária pode proceder de estudos e levantamentos a respeito dos riscos de adoecimento como resultado das cheias, já que essas elevam a possibilidade de doenças trazidas pelas águas. Com esses estudos, é possível definir abordagens de redução de riscos que garantem mais saúde para a população, menos uso de recursos para atendimentos em saúde após a cheias, bem como redução da ocupação de leitos para esses doentes.

Diante do exposto, verifica-se que os benefícios são inúmeros, tanto para a população quanto para a administração pública, com redução de gastos e custos aos cofres públicos, além de maior garantia de preservação da vida e do patrimônio dos indivíduos que, no presente, residem em áreas de elevada vulnerabilidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Complementar (nº 051, de 02 de outubro de 2017). Dispõe sobre a revisão do plano diretor do município de Araguaína e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília.

BRASIL. Lei (nº 12.608, de 10 de abril de 2012). Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília.

CANIL, K., LAMPIS, A., & SANTOS, K.L. (2020). Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. **Cadernos Metrópole**, v. 22, n. 48, p. 397-416. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803>.

- CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de Textos, 2005. 302 p.
- ENEEL, Green Power. **Relatório Técnico de Outorga: Central de Geração Hidrelétrica – CGH Corujão**. Naturatins, p. 733. Palmas, 2018.
- FERREIRA, X. C. **Inundações urbanas: propostas para uma gestão do risco com foco na prevenção de danos**. Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI. Dissertação de Mestrado. 2017.
- FADEL, A.W. (2016). **Incorporação do risco de prejuízo no gerenciamento de medidas de controle de inundação**. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul;
- FELIZARDO, L. M. (2016). **Aplicação de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para modelagem de eventos críticos de vazão em uma microbacia urbana**. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- HENRIQUE, B.I. (2020). **Avaliação dos impactos a jusante da barragem lombada do sabão, em Porto Alegre/RS, em caso de rompimento** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.
- JACHO, E. R. T. (2017). **Modelagem do risco de inundação em trechos críticos de rios urbanos: o caso do rio M'Boicy** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Integração Latino-Americana Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e Território Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura. Foz do Iguaçu.
- LEDRA, L. (2016). **Estudo para a prevenção e adequação do município de Rio do Sul às enchentes e inundações** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.
- LIMA, A.C. (2018). **Ocupação urbana em áreas de fragilidade ambiental: estudo de áreas de risco socioambiental no setor sol nascente – DF** (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, 2018.
- LIMA, G.F. (2016). **Avaliação das Áreas de Risco de Inundação no Município de Pelotas, RS: Uma Proposta Metodológica** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pelotas.
- NAGEN, F. R, M. **Avaliação econômica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas**. [Rio de Janeiro] 2008 XI, 114 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2008) Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- REIS, P. A. (2018). **Identificação de áreas vulneráveis as enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos**. Universidade Federal de Uberlândia. Dissertação de Mestrado.
- ROCHA, João Soromenho. **Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios**

em zonas inundáveis. 1995. Disponível em: https://doi.org/10.14195/1647-7723_2. Acesso em: 14 mar. 2021.

SOUSA, R. E. S.; GONÇALVES, G. F. G. Um estudo sobre impactos decorrentes de inundações no município de Belo Horizonte. **R. Gest. Sust. Ambient.**, Florianópolis, 2018; v. 7, n. 3, p. 591-605.

SOUZA, Daniela Prá Silva de; GOERL, Roberto Fabris. Proposta metodológica para estimar danos relacionados à inundação em áreas urbanas. **Anais do COBRAC 2018 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 21 a 24 de outubro 2018**

TACHINI, Mário. **Avaliação de danos de inundações ocorridas em Blumenau/SC nos anos de 1983, 1984, 1992 e 2001.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2009, p. 1-18. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/ARTI_2009/_Tachini.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

TENG, J. et al. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. **Environmental Modelling and Software**, v. 90, p. 201-206.

VAZ, C. A. **Levantamentos Topográficos: apontamentos de topografia.** Lisboa, 2015. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/801160/801815/levantamentos-topograficos-apontamentos.pdf/5f233b21-6924-41a4-a17c-0622c6b8d653>. Acesso em 12 jan. 2021.