

## MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DA BACIA DA QUINTINO NO MUNICÍPIO DE BELÉM

**Bruna Larissa Rosendo Pereira**<sup>1</sup> 

**Hernani José Brazão Rodrigues**<sup>2</sup> 

**Flávio Augusto Altieri dos Santos**<sup>3</sup> 

**Edson José Paulino da Rocha**<sup>4</sup> 

### Destaques:

- A área de ameaça corresponde a cerca de 40,33% do terreno da bacia.
- Condor e Jurunas têm maior vulnerabilidade em setores censitários.
- Jurunas e Condor se encontram em maior Risco de inundação.

**Resumo:** Esta pesquisa teve como objetivo mapear as áreas de risco de inundação na bacia da Quintino, em Belém do Pará, que enfrenta eventos adversos como alagamentos e inundações, colocando a população em situação de vulnerabilidade e risco. Para gerar o risco, a análise da ameaça foi cruzada com a vulnerabilidade. Os resultados revelaram que a área de ameaça de inundação corresponde a 40,33% da área da bacia, com 6,4% classificados como alta inundação, 15,2% como média inundação e 18,7% como baixa inundação. Os bairros Jurunas (91,8%) e Condor (61,6%) foram os mais afetados, com maior extensão de áreas atingidas. Esses bairros também apresentaram alta vulnerabilidade socioeconômica, evidenciada pelos indicadores de população infantil, população analfabeta e renda. A análise e mapeamento do risco apontaram que 40,33% do território da bacia é afetado pela mancha do Risco, com os bairros Jurunas (91,8%) e Condor (61,6%) apresentando a maior porcentagem de risco, devido à mencionada alta vulnerabilidade socioeconômica nessas áreas.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Desastre; Vulnerabilidade; Risco de inundações; Mapeamento.

### MAPPING THE FLOOD RISK OF THE QUINTINO BASIN IN THE MUNICIPALITY OF BELÉM

**Abstract:** This research aimed to map flood-prone areas in the Quintino Basin, Belém do Pará, which faces adverse events such as floods, putting the population in vulnerable and risky situations. To generate the risk, the threat analysis was cross-referenced with

<sup>1</sup> Mestra em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia, pela Universidade Federal do Estado do Pará (UFPA). E-mail: larissapereira\_443@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: hernani@ufpa.br.

<sup>3</sup> Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é analista em ciência e tecnologia - Centro Gestor Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM). E-mail: flavio.santos@censipam.gov.br.

<sup>4</sup> Doutor em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Especialista visitante no Censipam - CR Belém. E-mail: eprocha@ufpa.br.

vulnerability. The results revealed that the flood hazard area corresponds to 40.33% of the basin's total area, with 6.4% classified as high flood risk, 15.2% as moderate flood risk, and 18.7% as low flood risk. The neighborhoods of Jurunas (91.8%) and Condor (61.6%) were the most affected ones, with a larger extent of affected areas. Those neighborhoods also showed high socio-economic vulnerability, evidenced by indicators such as child population, illiteracy rate, and income. The risk analysis and mapping indicated that 40.33% of the basin's territory is affected by the risk zone, with Jurunas (91.8%) and Condor (61.6%) neighborhoods presenting the highest percentage of risk due to the previously mentioned high socio-economic vulnerability in those areas.

**Keywords:** Geotechnologies; Disaster; Vulnerability; Risk of flooding; Mapping.

## MAPEO DEL RIESGO DE INUNDACIÓN DE LA CUENCA DE QUINTINO EN EL MUNICIPIO DE BELÉM

**Resumen:** Esta investigación tuvo como objetivo mapear las áreas de riesgo de inundación en la cuenca de Quintino, en Belém do Pará, la cual enfrenta eventos adversos como inundaciones, poniendo a la población en situaciones de vulnerabilidad y riesgo. Para generar el riesgo, se cruzó el análisis de la amenaza con la vulnerabilidad. Los resultados revelaron que el área de amenaza de inundación corresponde al 40,33% del área de la cuenca, con un 6,4% clasificada como alta amenaza, un 15,2% como amenaza moderada y un 18,7% como baja amenaza. Los barrios Jurunas (91,8%) y Condor (61,6%) fueron los más afectados, con una mayor extensión de áreas afectadas. Esos barrios también presentaron una alta vulnerabilidad socioeconómica, evidenciada por indicadores como la población infantil, la tasa de analfabetismo y los ingresos. El análisis y mapeo del riesgo indicaron que el 40,33% del territorio de la cuenca se ve afectado por la zona de riesgo, siendo Jurunas (91,8%) y Condor (61,6%) los barrios con el mayor porcentaje de riesgo debido a la mencionada anteriormente alta vulnerabilidad socioeconómica en esas áreas.

**Palabras clave:** Geotecnologías; Desastre; Vulnerabilidad; Riesgo de inundación; Cartografía.

## INTRODUÇÃO

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos últimos 100 anos, demonstram uma explosão demográfica, que, em 1920, apontava a população de Belém com aproximadamente 236.402 habitantes, enquanto que a estimativa para 2020 era de 1.499.641 habitantes.

A população localizada nas margens de leitos fluviais, em sua maioria, possui baixo poder aquisitivo o que aumenta a situação de vulnerabilidade aos desastres naturais. Deste modo, compreende-se que as populações periféricas atreladas aos espaços geográficos com cotas altimétricas menos elevadas, situadas perto das margens, estão mais propensas a inundações, aumentando o grau de vulnerabilidade.

A problemática dos alagamentos e inundações em Belém é um fato

histórico e recorrente, desde o princípio da sua fundação, e que por mais que a cidade tenha passado por intervenções estruturais no decorrer dos anos, não foram suficientes para erradicar a ocorrência desses eventos adversos, que, por consequência, trazem prejuízos socioeconômicos e ambientais (Braga; Barbosa; Almeida, 2014).

As inundações e alagamentos trazem grandes complicações para as cidades bem como para a população acometida (Mota, 2008). Nesse sentido, tem-se a hipótese de que a vulnerabilidade da população localizadas na área de ameaça de inundação revelarão gradações diferenciadas de risco.

O estudo considera que os desastres combinam processos naturais (como uma chuva forte ou a elevação do nível de um rio) e socioeconômicos, e partindo da afirmativa de que a vulnerabilidade é utilizada para indicar uma condição preexistente que faz com que um dado elemento exposto possa ser afetado por uma situação específica. Desse modo, o objetivo da pesquisa foi mapear o Risco de inundação da bacia da Quintino, localizada em Belém, no estado do Pará.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

Para contextualização desta pesquisa, alguns conceitos como de Desastre, Vulnerabilidade, Vulnerabilidade Social, Indicadores de Vulnerabilidade Social e Risco são importantes.

### **Desastre**

Segundo a *United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR, 2009)*, o desastre é definido como uma grave perturbação do funcionamento da sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e/ou ambientais de grande extensão, cujos impactos extrapolam a capacidade desta sociedade de lidar com um evento adverso através de seus próprios recursos. De acordo com o Glossário da Defesa Civil Nacional (1998), o desastre pode ser entendido como resultado de eventos adversos naturais ou antrópicos em uma comunidade vulnerável e que provoca prejuízos econômicos, sociais e ambientais, através de danos materiais, ambientais e danos humanos. Desta maneira a intensidade de um desastre é resultado da interação entre a gravidade

do evento adverso e o grau de vulnerabilidade da população atingida.

Se o impacto ocasionar elevados danos e prejuízos, de difícil superação pela população afetada, será apontado como um desastre, no entanto, se as implicações forem mínimas ou nulas será considerado um evento natural (Marcelino, 2008).

### **Vulnerabilidade e vulnerabilidade social**

A vulnerabilidade refere-se ao nível de consequência que um evento adverso pode provocar em uma determinada comunidade (Cunha; Ramos, 2013).

A vulnerabilidade social trata-se de uma análise das condições de desigualdade social utilizando as características sociais de moradores ou indicadores (como pobreza, idade, gênero, classe social, etc.) e determina a capacidade destes habitantes em se recuperar de um desastre (Cutter, 2011).

### **Indicadores de vulnerabilidade social**

Um indicador fornece informações quantitativas de um fenômeno e no que se refere a desastres, pode auxiliar na análise da capacidade de uma comunidade de enfrentar ou se recuperar de um desastre, pois ajuda a entender se a vulnerabilidade está alta ou baixa (Pine, 2008).

Diversos indicadores de vulnerabilidade social são utilizados para mensurar a vulnerabilidade, como:

- a) População total, número total de casas, número de pessoas do sexo feminino, número de pessoas abaixo de 18 anos, número de pessoas acima dos 65 anos, etc. (Cutter; Mitchell; Scott, 2000).
- b) Densidade populacional, PIB per capita, Razão de dependência, Educação (Schmid-thomé; Jarva, 2004);
- c) Religião, saúde, taxa de analfabetismo, políticas públicas, direitos humanos, desigualdades sociais, cultura, tradição, entre outros (Coppola, 2007); e
- d) Porcentagem de jovens e idosos, população com baixo rendimento, sem tetos, entre outros (Pine, 2008).

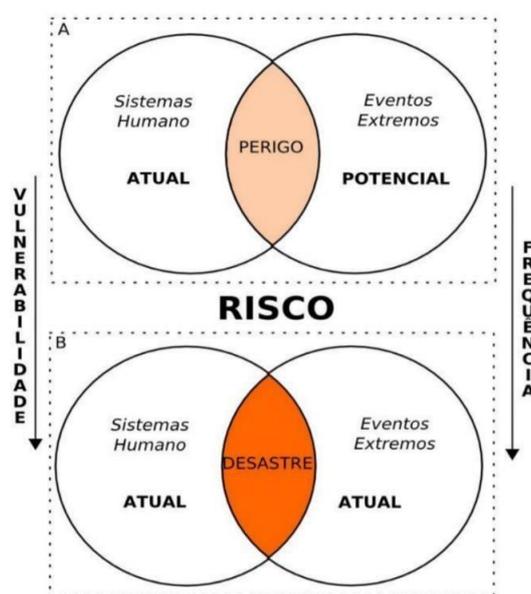
## Risco

O risco é uma possibilidade de um acontecimento adverso ocorrer enquanto que a ameaça é a exposição ao acontecimento (Rebello, 2003). Na análise de risco é imprescindível conhecer a noção de vulnerabilidade, pois são dois conceitos intrinsecamente ligados.

Segundo a *United Nations Development Program* (UNDP, 2004), agência de desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU), o risco é o resultado entre a ameaça e a vulnerabilidade local e é definido como probabilidade da ocorrência de impactos severos (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas etc.).

De acordo com Marcelino (2008), o risco é uma maneira de mensurar a probabilidade de um perigo transformar-se em um desastre e quando se aumenta a frequência do perigo e a intensidade da vulnerabilidade, em um sistema humano, tem-se como consequência o alto risco de um perigo tornar-se desastre. A Figura 1, abaixo, demonstra a relação direta entre perigo e risco, descrita por Marcelino (2008).

**Figura 1** - Relação entre perigo e risco



Elaboração: Marcelino (2008).

Desta forma, na análise de inundação, compreende-se que a ameaça é o evento adverso ou extremo que pode oferecer perigo a determinada população e

para que o risco de inundação possa ser real é necessário que a população da área esteja vulnerável e sob ameaça.

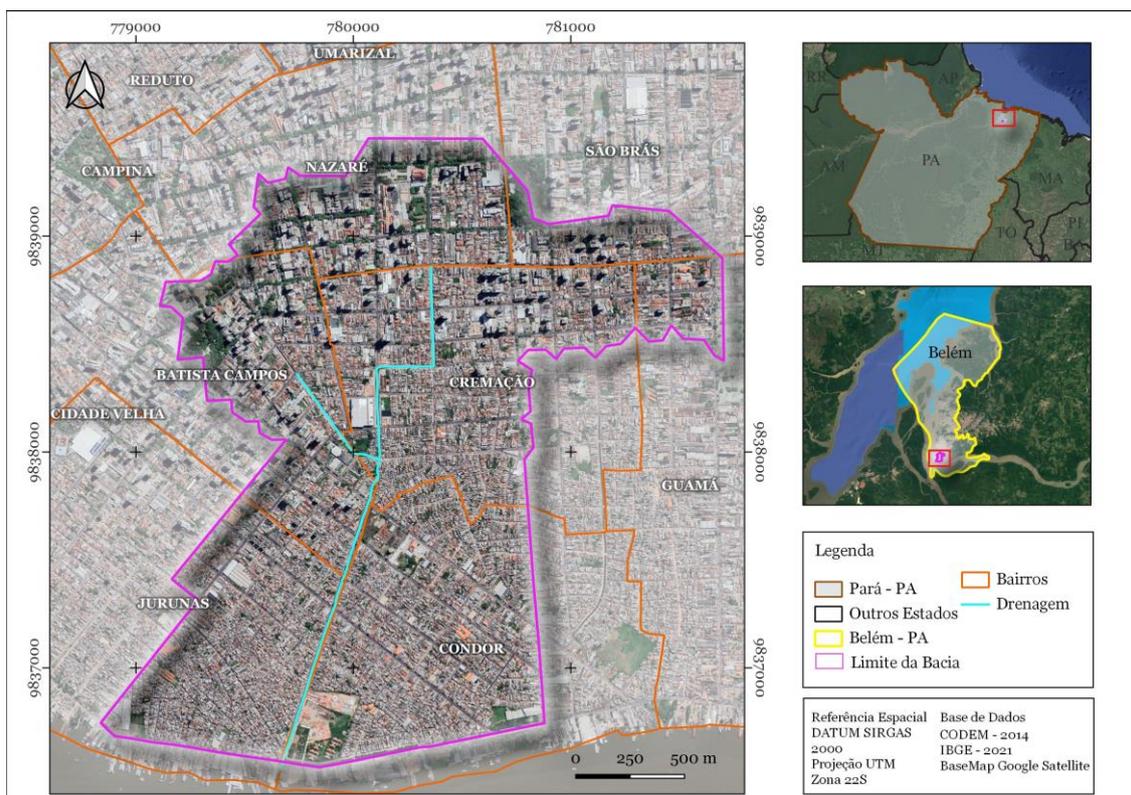
Realizar o mapeamento de áreas com risco de inundação é relevante para o controle e prevenção de possíveis desastres, pois as tecnologias de mapeamento são aplicadas em processos de tomada de decisão (Shidawara, 1999; Enomoto, 2004).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo, apresentada na Figura 2, corresponde à Bacia da Quintino, localizada no município de Belém, estado do Pará, que envolve parte dos bairros Jurunas, Condor, Batista Campos, Cremação, Nazaré, São Brás e Guamá.

**Figura 2** - Área de localização da bacia da Quintino, em Belém do Pará



Fonte: Os autores (2021).

A bacia da Quintino possui aproximadamente 79,26% da área impermeabilizada com uso destinado a ocupação urbana, e o restante são áreas não edificadas, porém, que já perderam sua vegetação original. Parte da bacia encontra-se em terrenos de cotas inferiores ou iguais a 4 m, espaços, tradicionalmente, conhecidos como “baixadas”, o que impõe à população a condição de ocupar terrenos sujeitos a inundações periódicas (Santos, 2010). Diante deste contexto, adotou-se a bacia da Quintino como estudo com intuito de identificar e mapear áreas de ameaça, vulneráveis socioeconomicamente e risco de inundações.

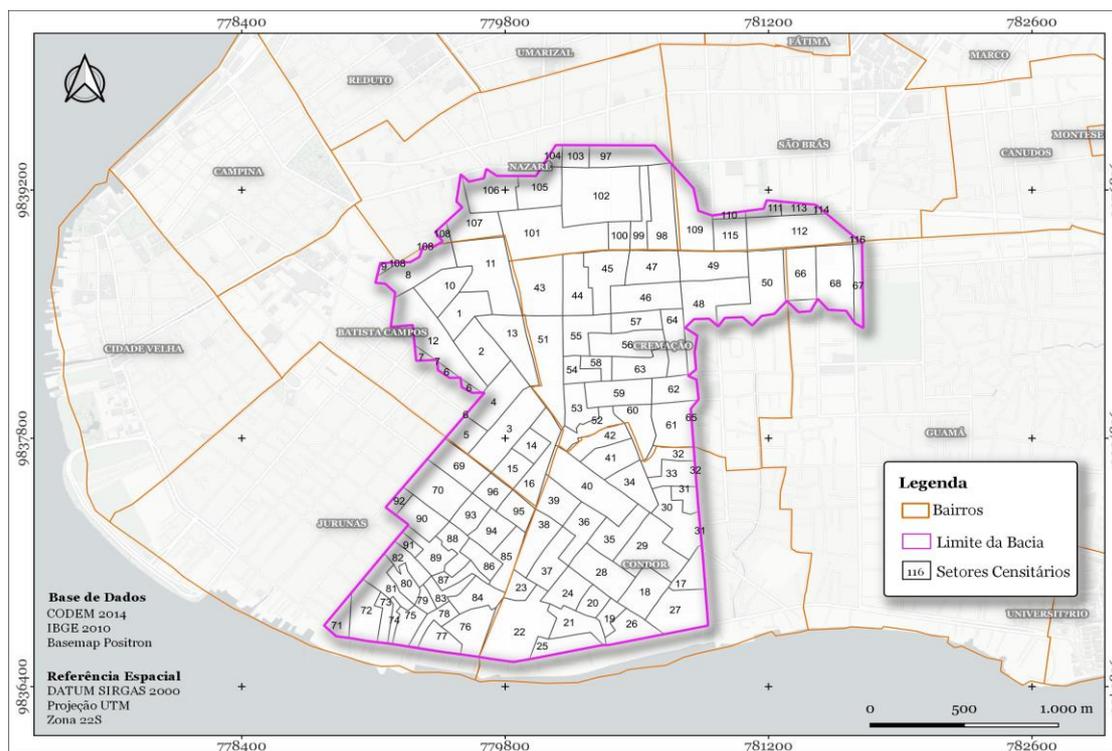
### **Metodologia**

A metodologia contou com auxílio de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para análise dos indicadores de vulnerabilidade social (IVS) e o mapeamento das áreas ameaçadas, vulneráveis e de risco de inundações.

### **Elaboração do mapa de risco**

Para cálculo do Risco utilizou-se indicadores com base nas características socioeconômicas coletadas durante o censo de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE utiliza como unidade de análise o setor censitário, que é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo e com dimensão adequada à operação de pesquisas. A Figura 3 demonstra a distribuição dos setores censitários na área de interesse deste estudo.

**Figura 3 - Setores censitários da bacia da Quintino**



Fonte: Os autores (2021).

A bacia da Quintino apresenta 116 setores censitários distribuídos em sete bairros (Jurunas, Condor, Batista Campos, Cremação, Nazaré, São Brás e Guamá) com uma população total de 100.852 em uma área de aproximadamente 4,71 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Fez-se o levantamento de informações pertencentes a esses setores censitários, como o bairro em que estão localizados, o quantitativo de sua população e a área em Km<sup>2</sup>. A Tabela 1 apresenta as informações, supracitadas consolidadas por bairro.

**Tabela 1 - Informações dos setores censitários**

Bairro	População	Área km <sup>2</sup>
Batista Campos	11.149	0,74
Condor	24.273	1,12
Cremação	22.871	1,09
Guamá	1.454	0,15
Jurunas	27.026	0,76

Nazaré	6.531	0,62
São Brás	2.776	0,23

Fonte: IBGE, 2010.

Os setores utilizados nesta pesquisa foram trabalhados em *software* SIG e para aqueles setores recortados, fez-se necessário recalcular a população. Os novos dados foram obtidos com base na proporcionalidade de área contida dentro da bacia e com isso foi estimada a população para os setores recortados para a área de estudo.

Para mapear as áreas de risco foi utilizada a equação desenvolvida por Rebelo (2003), que propôs que quando há a presença de uma ameaça e essa for igual ( $A=1$ ), mas não existe pessoa vulnerável no local ( $V=0$ ), então não haverá risco ( $R=0$ ) na área de estudo. Desta maneira, o risco só existe quando os dois aspectos, ameaça e vulnerabilidade, são contemplados na equação. Para gerar o mapa da ameaça de inundação, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), adquirido da Companhia de Desenvolvimento e Administração de Áreas Metropolitanas (CODEM, 2014).

O risco pode ser calculado, conforme Equação 1, como o resultado da ameaça x vulnerabilidade de acordo com Rebelo (2003):

$$R = A \times V \quad (1)$$

Em que, **R** = Risco; **A** = Ameaça; e, **V** = Vulnerabilidade.

A Tabela 2 apresenta a distribuição das classes de ameaça a inundação para a bacia da Quintino, geradas através das cotas altimétricas obtidas a partir do MDE.

**Tabela 2** - Distribuição das classes de ameaça de inundação.

<b>Classes de ameaça a inundações</b>	<b>Cotas do MDE</b>
Alta	$\leq 3,5$
Média	$> 3,5 \leq 3,7$
Baixa	$> 3,7$

Fonte: Adaptado de Santos (2010). Organização: Os autores, 2021.

A partir da junção desses dados foi possível identificar e mapear as áreas de ameaça de inundação levando em consideração que terrenos com cotas inferiores a 3,7m são considerados como sujeita a inundações conforme Santos (2010). Os dados foram obtidos no formato digital (*shapefile*) e GEOTIFF (dados matriciais ou raster), projetados em coordenadas *UTM (Universal Transversa de Mercator)* e Datum horizontal SIRGAS 2000.

### **Elaboração do índice de vulnerabilidade social e do mapa de risco de inundação**

A metodologia adotada para a análise e mapeamento da vulnerabilidade social foi fundamentada no estudo de Szlafsztein *et al.* (2010), que propôs uma abordagem abrangente para essa avaliação. Para calcular o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), foram considerados cinco indicadores relevantes, utilizando dados censitários vetoriais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao ano de 2010: um relacionado a características demográficas (População Total), um associado a educação (% da população Analfabeta), dois envolvendo idade (% da população infantil de 0 – 4 anos e % da População Idosa a partir dos 60 anos) e um relacionada a renda (% de chefes de família com rendimento menor que 2 salários-mínimos).

O Quadro 1 apresenta as variáveis que foram utilizadas como base para a condução da presente pesquisa. Cada variável é acompanhada de uma explicação sobre seu conceito e relevância dentro do contexto do estudo.

**Quadro 1** - Variáveis utilizadas, conceitos e relevância para análise da vulnerabilidade social.

<b>Variável Censitária (sigla)</b>	<b>Conceito da Variável</b>	<b>Relevância</b>
População Total (PT)	Moradores em domicílios na data de referência (IBGE, 2010)	O grande quantitativo de população em locais de desastres dificultam a evacuação segundo Cutter, Mitchell e Scott (2000).
População Infantil (PIN)	% de crianças entre 0 e 4 anos de idade.	Dependencia da família ( <i>United Nations Disaster Relief Organization</i> -

		UNDRO, 1992).
População Idosa (PI)	% de pessoas a partir de 60 anos de idade (BRASIL, 2003).	Restrições de locomoção Cutter, Mitchell e Scott (2000).
População Analfabeta (PA)	% da pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas que esqueceu devido a ter passado por um processo de alfabetização que não se consolidou e a que apenas assinava o próprio nome (IBGE, 2010).	Pouca educação pode limitar a habilidade de lidar com as situações perigosas e dificultar medidas de recuperação e adaptação (Almeida, 2012).
Renda (R)	Correspondente a % de chefes de família com rendimento menor que 2 salários-mínimos.	Capacidade financeira inferior impossibilita altos investimento em medidas preventivas e no pós desastre (Lima e Bonetti, 2018).

Fonte: Adaptado de Szlafsztein *et al.* (2010).

A fim de uniformizar as unidades, todas as variáveis foram escalonadas de 0 a 1, sendo 0 o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo, conforme Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), através da Equação 2, a seguir:

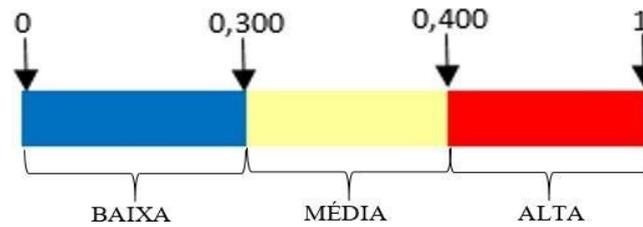
$$\text{Vescalonado} = \frac{\text{Vobservado} - \text{Vmínimo}}{\text{Vmáximo} - \text{Vmínimo}} \quad (2)$$

Após o escalonamento, construiu-se o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), adaptado de Szlafsztein *et al.* (2010), com base nas cinco variáveis adotadas, expresso pela Equação 3 na qual o denominador representa o número de variáveis utilizadas:

$$\text{IVS} = \frac{(\text{PT} + \text{PIN} + \text{PI} + \text{PA} + \text{R})}{5} \quad (3)$$

O IVS é um índice que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município. A classificação do IVS baseou-se na Figura 4, adaptada do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015).

**Figura 4** - Classificação qualitativa da vulnerabilidade social a partir dos valores escalonados do IVS.



Fonte: IPEA (2015). Organização: Os autores (2021).

A adaptação fez-se necessária para ser aplicada junto ao método do cálculo do risco (Quadro 2), que detém 3 classes (Baixa, Média e Alta). Desta maneira, agrupou-se a classe Muito Baixa (0 – 0,200) com a Baixa (0,201 – 0,300), tornando-se apenas classe Baixa (0 - 0,300) e a classe Alta (0,401 – 0,500) com a Muito Alta (0,501 – 1), tornando-se apenas Alta (0,401 – 1). A classe Média foi mantida conforme a metodologia original. Os critérios para classificação do risco de inundação podem ser visualizados no Quadro 2.

**Quadro 2** - Critérios para classificação do risco de inundação.

	<b>Vulnerabilidade Social</b>		
<b>Ameaça</b>	<b>Alta</b>	<b>Média</b>	<b>Baixa</b>
Alta	Alta	Alta	Média
Média	Alta	Média	Baixa
Baixa	Média	Baixa	Baixa

Fonte: Adaptado de Brito (2017).

Como resultado do mapeamento de risco tem-se os dados da ameaça cruzados com a vulnerabilidade social.

Na próxima seção, serão discutidos os resultados em Figuras e Tabelas para melhor compreensão da espacialização da ameaça, da vulnerabilidade social e do risco na área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

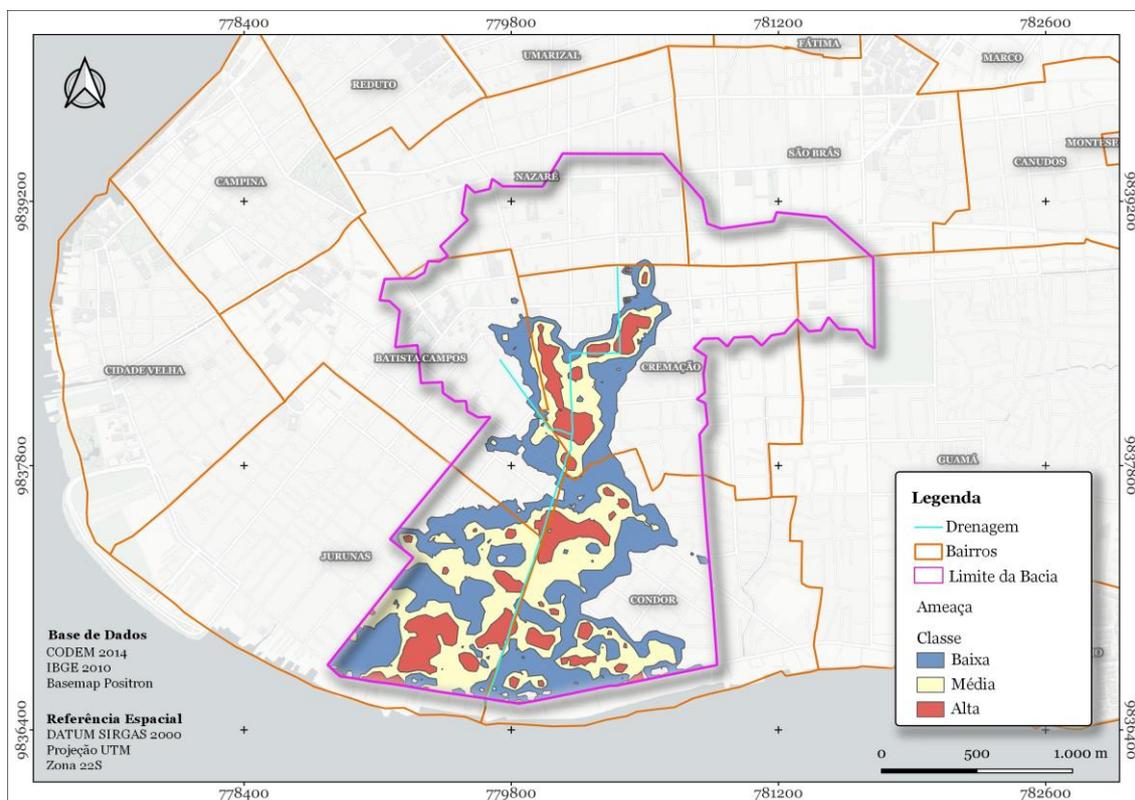
### Mapa da Ameaça de Inundação

Como primeiro resultado, temos o mapa temático de áreas com ameaça a inundação, que foi dividido em três classes, de acordo com os seguintes graus

de ameaça: baixa, média, alta (Figura 5). O mapa foi dividido de acordo com as informações demonstradas, anteriormente, na Tabela 2, montada a partir de resultados e definições encontrados na literatura.

Observa-se que os bairros Jurunas e Condor apresentam a mancha da ameaça de inundação localizada na maior parte de suas áreas, seguidos por Cremação e Batista Campos, com áreas de alta e média ameaça, situadas próximas ao canal da bacia. Os bairros Nazaré, São Brás e Guamá não apresentam áreas de ameaça.

**Figura 5** - Mapa da ameaça de inundação da bacia da Quintino



Fonte: Os autores, 2021.

A partir do mapa gerado (Figura 5), obteve-se que a área de ameaça é de, aproximadamente, 1,9 Km<sup>2</sup>, isto corresponde a cerca de 40,33% do terreno da bacia da Quintino e alcança uma população total estimada de 40.858. No que tange a subdivisão das classes alta, média e baixa correspondem, respectivamente a 6,4%, 15,2% e 18,7% da área de estudo.

Dentre os bairros situados na área de estudo, somente, quatro apresentam suas áreas atingidas pela mancha de ameaça de inundação, sendo

eles: Condor, Jurunas, Cremação e Batista Campos. Os bairros Jurunas e Condor apresentaram maior porcentagem de suas áreas atingidas pela área de ameaça, respectivamente, 91,9% e 61,5%, seguidos por Cremação 31,8% e Batista Campos 22,1%.

### Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

Como segundo resultado, apresentam-se os indicadores de vulnerabilidade socioeconômica, para cada bairro da bacia da Quintino, escalonados, calculados e classificados. Estes resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

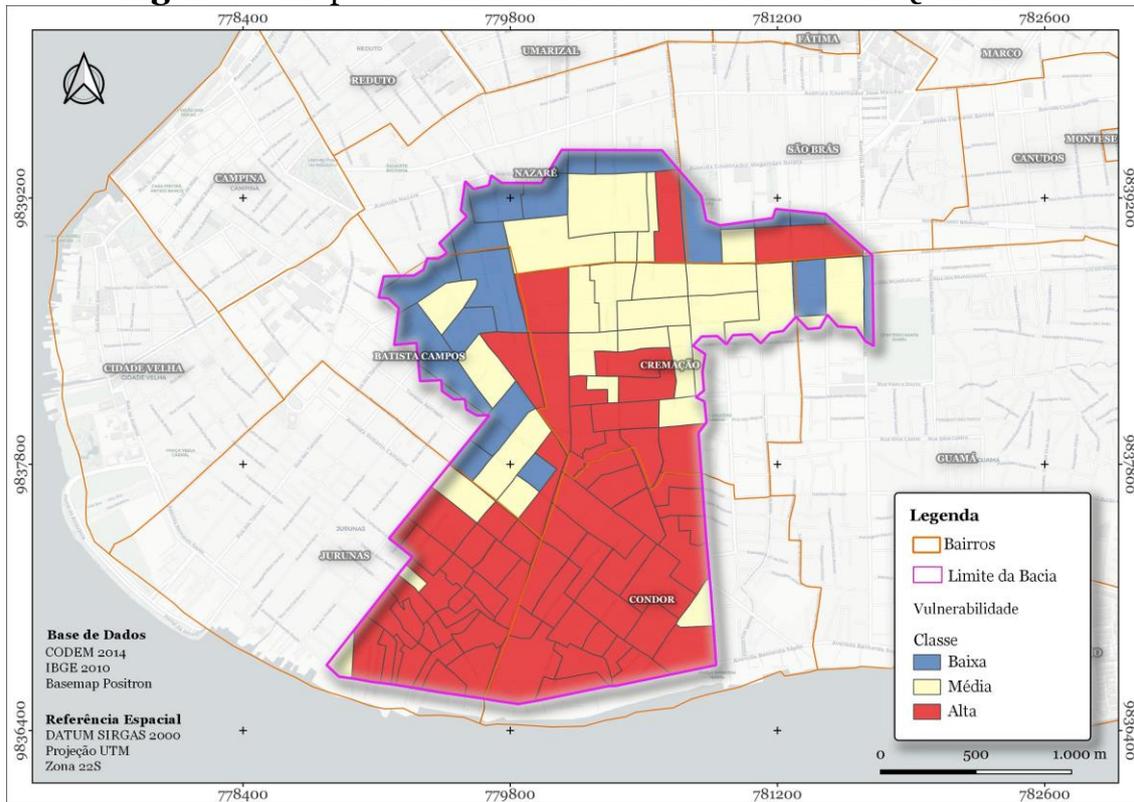
**Tabela 3** - Informações das variáveis utilizadas por bairro na análise da vulnerabilidade social e suas respectivas classificações

Bairro	Estatística	PT	PIN	PI	PA	R	IVS	Classe
Batista Campos	Mínimo	0,034	0,120	0,338	0,095	0,204	0,158	Baixa
	Média	0,331	0,324	0,371	0,252	0,251	0,306	Média
	Máximo	0,542	0,910	0,039	0,758	0,769	0,604	Alta
Condor	Mínimo	0,253	0,382	0,256	0,247	0,729	0,373	Média
	Média	0,604	0,608	0,209	0,570	0,698	0,538	Alta
	Máximo	0,885	0,859	0,047	0,823	0,686	0,660	Alta
Cremação	Mínimo	0,300	0,301	0,657	0,203	0,212	0,335	Média
	Média	0,543	0,366	0,413	0,328	0,540	0,438	Alta
	Máximo	0,793	0,472	0,361	0,467	0,866	0,592	Alta
Guamá	Mínimo	0,356	0,085	0,574	0,089	0,199	0,261	Baixa
	Média	0,251	0,267	0,603	0,191	0,185	0,300	Baixa
	Máximo	0,347	0,266	0,768	0,213	0,261	0,371	Média
Jurunas	Mínimo	0,025	0,326	0,195	0,520	0,491	0,311	Média
	Média	0,504	0,631	0,197	0,657	0,726	0,543	Alta
	Máximo	1,000	0,826	0,009	0,889	0,882	0,721	Alta
Nazaré	Mínimo	0,034	0,343	0,463	0,176	0,008	0,205	Baixa
	Média	0,283	0,246	0,701	0,169	0,128	0,306	Média
	Máximo	0,400	0,345	0,764	0,258	0,307	0,415	Alta
São Brás	Mínimo	0,035	0,069	0,746	0,052	0,110	0,202	Baixa
	Média	0,179	0,224	0,677	0,159	0,180	0,284	Baixa
	Máximo	0,653	0,307	0,661	0,183	0,255	0,412	Alta

Fonte: Os autores (2021).

Os Bairros Jurunas e Condor, são os que mais concentram setores censitários com alta vulnerabilidade social. Os resultados da análise do IVS foram espacializados e podem ser visualizados no mapa da vulnerabilidade social na Figura 6.

**Figura 6 - Mapa da vulnerabilidade social da bacia da Quintino**



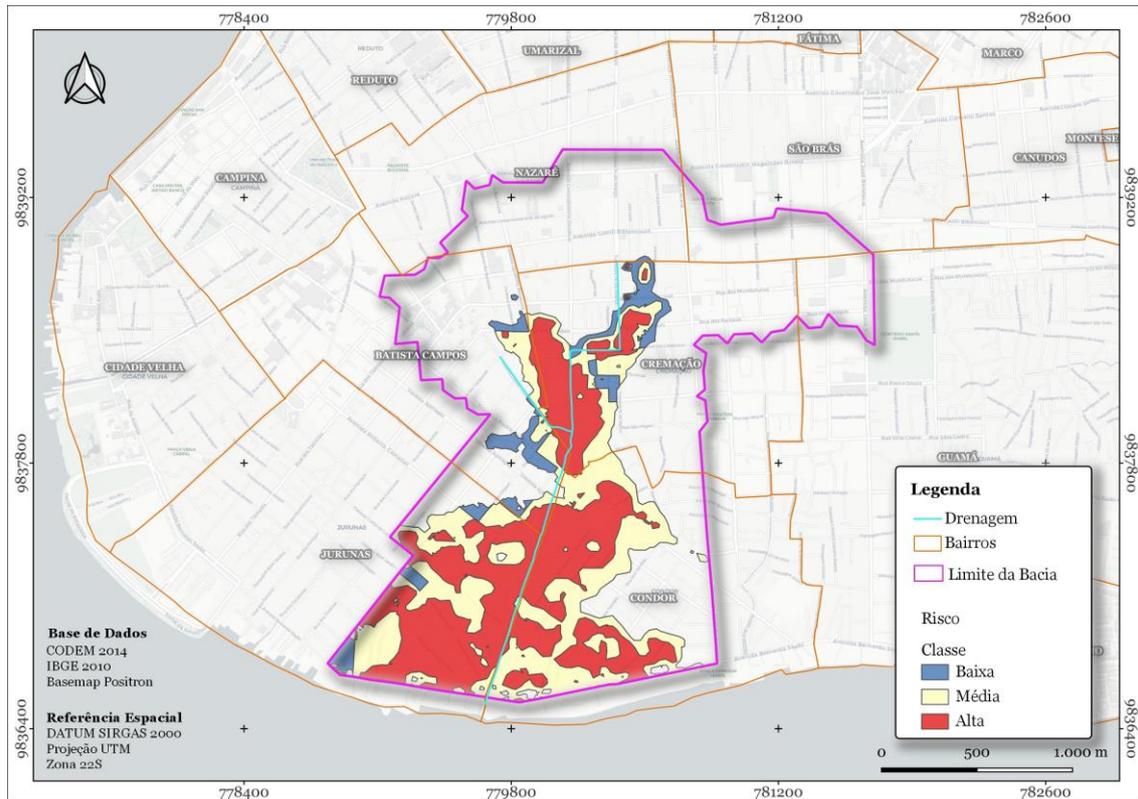
Fonte: Os autores (2021).

Os bairros Condor e Jurunas possuem a maior quantidade de setores censitários classificados como alta vulnerabilidade, distribuídos em, respectivamente, 97,4% e 92,1% de suas áreas. A média vulnerabilidade concentra-se, em sua maioria, na região superior da bacia, nos bairros Cremação (54,7%), São Brás (15%), Nazaré (51%) e Guamá (52,6%), mas também se distribui pelos bairros Batista Campos, Jurunas e Condor. A baixa vulnerabilidade social se encontra nos bairros Batista Campos (56,7%), Nazaré (38%), São Brás (43%) e Guamá (47,3%).

### Mapeamento de Risco de inundações

Como último resultado, tem-se o mapeamento do risco que se baseou no cruzamento das informações da ameaça com a vulnerabilidade social, de acordo com o Quadro 2. Desta maneira, obteve-se um mapa subdividido em três classes de risco: baixa, média e alta. A Figura 7 demonstra o mapa do risco a inundação da bacia da Quintino.

**Figura 7** - Mapeamento do risco de inundação na bacia da Quintino



Fonte: Os autores (2021).

A partir da análise foi possível identificar que a mancha do Risco está em 40,33% (1,9 km<sup>2</sup>) do território da bacia, sendo 20,5% (0,97 km<sup>2</sup>) com alto risco de inundação, 3,2% (0,15 km<sup>2</sup>) como médio risco de inundação e 16,6% (0,78 km<sup>2</sup>) como baixo risco de inundação. Atinge, especialmente, os bairros Condor, Jurunas, Batista Campos, Cremação e uma fração do bairro Nazaré.

Os bairros que se encontram em maior Risco de inundação pertencentes à bacia da Quintino são hierarquicamente: Jurunas (91,8%), Condor (61,6%), Cremação (31,8%), Batista Campos (22,1%) e Nazaré (0,3%). Os bairros Jurunas e Condor são os mais populosos da bacia e os altos riscos associados a eles possivelmente estão atrelados a alta vulnerabilidade dos indicadores população infantil, população analfabeta e Renda.

Ao comparar os resultados encontrados neste estudo de mapeamento de risco de inundação na bacia da Quintino com o estudo de outros pesquisadores como Santos e Rocha (2010), que, embora tenham aplicado uma metodologia

diferente, também abordaram a mesma temática e área geográfica, podemos identificar algumas semelhanças.

Esses resultados corroboram os achados de Santos (2010), que também relatou a presença de locais de alagamentos e inundações dentro da bacia da Quintino, situados dentro da área de ameaça de inundação.

Uma concordância importante entre os dois estudos foi a identificação e mapeamento das áreas de ameaça de inundação na bacia da Quintino com base nas cotas altimétricas obtidas do MDE. Tanto este estudo quanto o de Santos (2010) consideraram que terrenos com cotas inferiores a 3,7m são suscetíveis a inundação. Essa abordagem consistente resultou em áreas de ameaça comparáveis em ambos os estudos.

Essas informações sugerem que as áreas de ameaça encontradas em ambas as pesquisas são abrangentes e relevantes para a compreensão do risco de inundação na bacia da Quintino.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A metodologia utilizada para responder aos objetivos e hipóteses levantados possibilitou de maneira eficaz a análise da área de estudo. Foi utilizado Sistema de Informação Geográfico (SIG) para a realização do mapeamento da ameaça, mapeamento da vulnerabilidade e do mapeamento do risco, que permitiu uma análise espacial, cruzamento de informações geográficas e banco de dados.

Com o mapeamento de risco de inundação, realizado nesta pesquisa, a hipótese se confirmou ao revelar que há três graduações de risco (baixa, média e alta) na área de ameaça. Conclui-se que os bairros Condor e Jurunas apresentam maior extensão da ameaça, setores censitários com os mais altos índices de vulnerabilidade da bacia da Quintino e, conseqüentemente, os bairros que apresentam maior área de risco. Os altos riscos associados a estes dois bairros podem-se justificar pela identificação da alta vulnerabilidade dos indicadores população infantil, população analfabeta e Renda.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações.** São Paulo: São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. (Coleção PROPG Digital - UNESP). ISBN 9788579832895.
- BRAGA, R. D. C., BARBOSA, A. L. D. C., & ALMEIDA, L. S. Urbanização e áreas de alagamentos em Belém: Estudo da bacia da Estrada Nova. VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. **Anais** [...] Vitória-Espírito Santo, 2014. Disponível em: [http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1403737167\\_ARQUIVO\\_URBANIZACAOEAREASDEALAGAMENTOSEMBELEM-CGB.pdf](http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1403737167_ARQUIVO_URBANIZACAOEAREASDEALAGAMENTOSEMBELEM-CGB.pdf). Acesso em: 01 jan. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003.** Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. Diário Oficial da União: p. 1, Brasília, DF, 2003.
- BRITO, T. R. **Modelagem hidrológica e hidráulica a partir de dados TRMM aplicada a análise de risco em áreas inundáveis: estudo de caso no município de Atalaia.** 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** 1998.
- CODEM. Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém. Disponível em: <https://codem.belem.pa.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management.** Oxford: Elsevier, 2007. 573 p.
- CUNHA, L.; RAMOS, A. M. **Riscos e vulnerabilidade: teoria e prática no contexto luso-brasileiro.** São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 19-44, 2013.
- CUTTER, S. L.; MITCHELL, J. T.; SCOTT, M. S. Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 90, n. 4, Nov. 2004. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219>
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, 2011. <https://doi.org/10.4000/rccs.165>

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia dorio Palmital, Paraná.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: Estudo de caso do município de Rio Negrinho -SC. **Boletim de Geografia**, v.30, n.1, Jun. 2012. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519>

IPEA. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos municípios brasileiros.** Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília, 2015.

IBGE. Sinopse do Censo Demográfico de 2010. Belém: IBGE 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=6>. Acesso em: 05 abr. 2017.

IBGE. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>. Acesso em: 05 abr. 2017.

LIMA, C. O.; BONETTI, J. Proposta metodológica para adequação das informações do Censo Demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 63, n. 2, p. 122-140, 2018. [https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375\\_2018\\_n2\\_122-140](https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2018_n2_122-140)

MARCELINO, E. V. (Ed.). **Desastres naturais e geotecnologias:** conceitos básicos - Caderno Didático nº 1. Santa Maria-RS: [s.n.] v. 1, 40 p., 2008 (INPE-15208-PUD/193).

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

PINE, John. **Natural hazards analysis:** reducing the impact of disasters. Boca Raton: Taylor and Francis Group, Out. 2008.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica.** Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.

SANTOS, F. A. A. **Alagamento e inundação urbana: modelo experimental de avaliação de risco.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

SANTOS, F. A. A.; ROCHA, E. J. P. Alagamento e inundação em áreas urbanas, estudo de caso: cidade de Belém. **Revista Geo Amazônia**, v. 2, n. 2, p. 33 - 55, 2013. <http://dx.doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.n1v2p33-55>

SCHMIDT-THOMÉ, P.; JARVA, J. **The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change.** ESPON, 3st Interim Report, p.15, 2004.

SHIDAWARA. M. Flood hazard map distribution. **Urban Water**, v.1, p.125-129, 1999. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00002-9](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00002-9)

SZLAFSZTEIN, C.; MARQUES, O.; MAIA, H., PRETTE, M., FISCHENICH, P., ALTIERI, F. **Referências metodológicas para mapeamento de riscos naturais na Amazônia:** mapeando as vulnerabilidades. Brasília: MMA, GTZ; 2010.

UNDP - United Nations Development Program. **Reducing disaster risk:** a challenge for development. New York: UNDP, p.130, 2004.

UNDRO. **Victime des catastrophes naturelles et des conflits:** L'enfance en première ligne. UNDRO News, p. 3-6, 1992.

UNISDR. United Nations International Strategy For Disaster Reduction. **Terminology on disaster risk reduction.** United Nations, p.30, 2009.

Recebido em 12 de dezembro de 2022

Aceito em 05 de junho de 2023