

## **Mapeamento das áreas de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*)**

### ***Mapping of areas at risk of flooding in the hydrographic basin of the Jaboatão River, in Pernambuco, using the method AHP (Analytic Hierarchy Process)***

**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Mestrando em Engenharia Civil, UPE**

agpn@poli.br

**Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, Prof<sup>a</sup> Dra. em Engenharia Civil, IFPE**

ionarameh@recife.ifpe.edu.br

**Simone Rosa da Silva, Prof<sup>a</sup> Dra. em Engenharia Civil, UPE**

simonerosa@poli.br

#### **Resumo**

O presente trabalho buscou mapear e classificar as áreas de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando o método AHP (*Analysis Hierarchy Process*) aliado a Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para isso, foram elencados os parâmetros que mais influenciam no processo de inundação e determinados pesos de importância aos mesmos, sendo eles: uso e ocupação do solo, hipsometria, declividade e pedologia. Esses parâmetros foram manipulados na forma matricial por meio do *software* ArcGIS (10.4), onde foram submetidos às técnicas de reclassificação e álgebra de mapas. A partir desse procedimento, foi possível obter o mapa das áreas de risco de inundação para região do estudo, em que foi observado que as áreas que apresentam maiores suscetibilidades a esse tipo de acidente hidrológico são as que possuem baixas declividades e cotas altimétricas, solos com pouca capacidade de infiltração de água e expressiva intervenção antrópica.

**Palavras-chave:** Acidente Hidrológico; Álgebra de Mapas; Intervenção Antrópica; Sistemas de Informações Geográficas (SIG); Suscetibilidades

#### **Abstract**

*The present work sought to map and classify the flood risk areas of the hydrographic basin of the Jaboatão River, in Pernambuco, using the method AHP (Analysis Hierarchy Process) combined with Geographic Information Systems (GIS). For that, the parameters that most influence the flooding process and certain weights of importance to them were listed, namely: land use and occupation, hypsometry, slope and pedology. These parameters were manipulated in the matrix*

*form using the ArcGIS software (10.4), where they were submitted to the reclassification and map algebra techniques. From this procedure, it was possible to obtain the map of areas at risk of flooding for the region of the study, in which it was observed that the areas that are most susceptible to this type of hydrological accident are those with low declivity and elevation levels, soils little water infiltration capacity and significant anthropic intervention.*

**Keywords:** *Hydrological Accident; Map Algebra; Anthropic Intervention; Geographic Information Systems (GIS); Susceptibilities*

## 1. Introdução

A urbanização é um fenômeno histórico que está presente nas sociedades e adquire formas diversas de desenvolvimento conforme as especificidades culturais, socioeconômicas, tecnológicas e geográficas da região (ROSA e PAZ, 2016). No Brasil, de acordo com Stamm et al. (2013), a população urbana superou a população rural a partir da década de 1970, sobretudo devido ao aumento do setor de serviços nas metrópoles nacionais. No entanto essa evolução foi ocorrendo de forma acelerada, intensa e desordenada, não havendo a fiscalização adequada da gestão pública, resultando em problemas sociais, econômicos, organizacionais e ambientais (SILVA et al., 2017; CASAROTI et al., 2018).

Além de outras consequências, a urbanização ocasiona intervenções significativas no regime das águas pluviais devido à redução considerável das áreas verdes e a impermeabilização do solo (LUCAS et al., 2010; BRITO et al., 2020), implicando diretamente no aumento do escoamento superficial, na obstrução da infiltração e na redução da evapotranspiração (FRITZEN e BINDA, 2011; TUCCI, 2016; ROSA e ALMEIDA, 2018). Aliadas a esses tipos de alterações no ambiente natural, Mantis e Vaz (2019) afirmam que as inundações e os alagamentos constam como um dos principais problemas a serem enfrentados, principalmente em épocas de chuvas intensas.

Conforme Braga (2016), a inundação ocorre quando as águas de um canal de drenagem transbordam, devido à falta de capacidade de transporte desse sistema, atingindo as áreas marginais (várzeas) que, geralmente, são ocupadas pela população para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros. Para o Ministério da Saúde do Brasil, esse tipo de desastre provoca danos humanos, patrimoniais e ambientais, fazendo com que, todos os anos, milhares de famílias saiam de suas casas (temporária ou definitivamente) e tenham sua saúde física e mental exposta a diversos tipos de agravos e doenças (BRASIL, 2017).

A evolução constante dos recursos tecnológicos concede o desenvolvimento de diversos sistemas que auxiliam na identificação e definição de áreas de risco e de seu mapeamento, sendo este progresso alinhado com o avanço e facilidade de acesso cada vez maior de amplos conjuntos de geotecnologias (MANTIS e VAZ, 2019). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aliados a outras técnicas de geoprocessamento, são indispensáveis para o mapeamento e identificação das áreas com risco de acidentes hidrológicos. Essas ferramentas permitem a manipulação de grande quantidade de dados e informações georreferenciados, bem como a representação cartográfica dos mesmos, possibilitando a tomada de decisão, como também uma economia de recursos e tempo, conforme descrevem Zanata et al. (2012).

Devido às características físico-naturais e alterações decorrentes das interferências humanas apresentadas na bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, o presente estudo tem como objetivo mapear as áreas de risco de inundação dessa região, utilizando SIG aliado ao método AHP (*Analysis Hierarchy Process*), a fim de contribuir como instrumento para a elaboração de políticas públicas mitigadoras desse tipo de evento.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Localização e caracterização da região do estudo

A bacia hidrográfica do rio Jaboatão está situada na região litorânea do estado de Pernambuco, entre as coordenadas  $08^{\circ} 03' 0''$  e  $08^{\circ} 14' 0''$  de latitudes sul e  $34^{\circ} 59' 0''$  e  $35^{\circ} 15' 30''$  de longitude oeste (SILVA e GIRÃO, 2020). De acordo com Gomes (2005), a referida bacia, juntamente com as bacias dos rios Tejipió e Pirapama, integra o denominado Grupo 2 das bacias de pequenos rios litorâneos do estado de Pernambuco (GL-2) e abrange os seguintes municípios: Vitória de Santo Antão, Moreno, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho e Recife (Figura 1). Dentre os supracitados municípios, cinco se encontram na Região Metropolitana do Recife (RMR) e apenas um, na Zona da Mata Sul do estado, ou seja, o município de Vitória de Santo Antão, onde está localizada a nascente do rio Jaboatão.

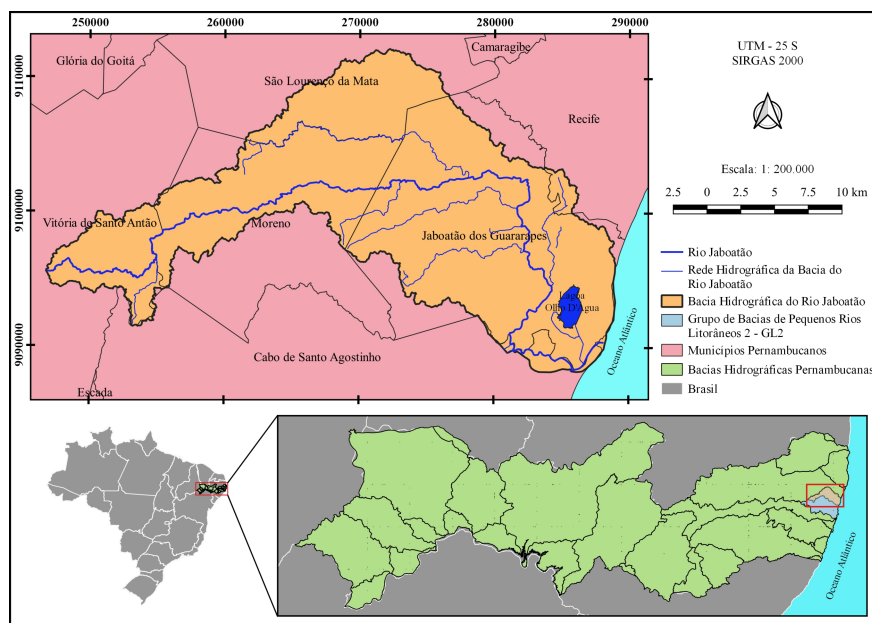


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Jaboatão. Fonte: elaborado pelos autores.

A área de drenagem da bacia hidrográfica do rio Jaboatão é de aproximadamente 442 km<sup>2</sup>, com 75 km de extensão do seu rio principal e um padrão de escoamento do tipo exorreico, isto é, sua drenagem se faz em direção ao oceano (GOMES, 2005; MOREIRA, 2007; SILVA e GIRÃO, 2020). Na bacia está inserida a lagoa Olho d'Água, que se configura como a principal lagoa natural costeira do estado de Pernambuco e a maior lagoa urbana do Brasil (SILVA et al. 2017). Limita-se ao leste com o oceano Atlântico, ao sul

com a bacia do rio Pirapama, ao norte com a bacia do rio Tejipió e a oeste com a bacia do rio Capibaribe.

Conforme Badarau e Listo (2020), o relevo da RMR, onde a maior parte da região do estudo se encontra, é bastante suscetível à ocorrência de inundações devido à grande presença de planícies flúvio-marinhas e de terraços fluviais que apresentam cotas altimétricas muito baixas, compreendidas entre 2m e 8m em relação ao nível do mar. Além dos fatores físico-naturais destacados, por abranger zonas urbanas densamente povoadas, vale destacar as cidades de Moreno, parte do Recife, Cabo de Santo Agostinho (distritos de Pontezinha e Ponte dos Carvalhos) e Jaboatão dos Guararapes, onde o rio Jaboatão vem apresentando ao decorrer do tempo graves intervenções antrópicas (GOMES, 2005).

A escolha da bacia hidrográfica do rio Jaboatão como região de estudo se deu por possuir características físico-naturais e considerável índice de intervenção antrópica que a condiciona fortemente a apresentar áreas suscetíveis ao risco de inundação.

## 2.2 Escolha dos parâmetros condicionantes ao risco de inundação

Conforme análise realizada em estudos semelhantes, foi verificado que dentre os parâmetros que contribuem na suscetibilidade do risco de inundação, o uso e ocupação do solo, a hipsometria, a declividade e a pedologia apresentaram maior recorrência (BRAGA et al., 2020; LEAL et al., 2020; CAMPIOLI e VIEIRA, 2019; RAMOS et al., 2018; CAPRAIO, 2017; OUMA e TATEISH et al., 2014; MAGALHÃES et al., 2011). Devido aos registros citados na literatura, esses parâmetros também foram utilizados neste trabalho.

## 2.3 Coleta e tratamento dos dados

Os dados e materiais utilizados na elaboração deste estudo foram adquiridos junto aos órgãos oficiais, de maneira presencial ou por meio de suas respectivas plataformas virtuais, como indica o Quadro 1.

Dados	Tipo (representação)	Origem	Ano
Bacias Hidrográficas Pernambucanas	Vetorial (polígono)	IBGE	2010
Lagoa Olho D'Água	Vetorial (polígono)	PMJG	2011
Rede Hidrográfica	Vetorial (linha)	ANA	2013
Declividade	Matricial	CPRM	2010
Hipsometria	Matricial	INPE (TOPODATA)	2011
Pedologia	Vetorial (polígono)	EMBRAPA	2011
Uso e Ocupação do Solo	Vetorial (polígono)	IBGE	2018

Quadro 1: Fontes dos dados utilizados. Fonte: Elaborado pelos autores.

Todos esses dados foram manipulados no *software* ArcGIS (versão 10.4) em coordenadas UTM no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).

## 2.4 Reclassificação dos parâmetros quanto ao grau de suscetibilidade à inundação

Para realizar essa etapa, foram determinados valores para cada classe dos parâmetros escolhidos, de acordo com o grau de suscetibilidade à inundação. Para isso, foi utilizada a opção *reclassify* do menu *spatial analyst* no ArcGIS. O critério utilizado para essa atribuição foi o mesmo que o adotado por Campioli e Vieira (2019). Assim, foi definida uma hierarquia conforme o grau de suscetibilidade para cada classe de cada parâmetro, de modo que quanto maior o valor atribuído à classe, maior o risco de inundação. Sendo o grau 1 representado pelas classes que apresentavam suscetibilidade muito baixa ou nula e o grau 5, pelas classes de suscetibilidade muito alta.

O Quadro 2 apresenta as classes dos parâmetros reclassificadas quanto ao grau de risco de inundação.

Grau	Parâmetros			
	Uso e ocupação do solo	Hipsometria (m)	Declividade (%)	Pedologia
1	Vegetação Florestal	281,01 - 439,00	> 45,00	Latossolos
2	Vegetação Campestre	184,01 - 281,00	20,01 - 45,00	-
3	Área Agrícola	107,01 - 184,00	8,01 - 20,00	-
4	-	49,01 - 107,00	3,01 - 8,00	Argissolos, Espodossolo, Gleissolo, Neossolos
5	Área Artificial, Corpo Hídrico	0,00 - 49,00	0,00 - 3,00	Água, Área Urbana, Solos de Mangue

Quadro 2: Reclassificação das classes dos parâmetros, conforme o grau de risco à inundação. Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.5 Aplicação do método AHP

O método proposto para o mapeamento das áreas de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão teve como embasamento a aplicação do AHP, que se trata de um procedimento desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970. Segundo Martins e Coelho (2012), o referido método é uma ferramenta de tomada de decisões, que pode auxiliar no ajuste de prioridades e torna a decisão racional e não intuitiva e subjetiva. Para aplicação do método, inicialmente, é gerada uma escala de importância por meio de pesos atribuídos aos parâmetros avaliados, pois cada um desses parâmetros possui relativa importância que influencia na possível inundação da região do estudo (RIBEIRO e ALVES, 2016; MEIRELLES et al., 2018; CAMPIOLI e VIEIRA, 2019). Assim, foi realizado um processo de julgamento comparativo entre os parâmetros para determinar a importância mútua de cada um deles para construir a Matriz de Comparação Pareada (Quadro 3). Para isso, foi utilizada uma escala de pesos definida por Saaty (1977), seguindo a ordem de importância apresentado no Quadro 4.

<b>parâmetro</b>	<b>parâm. 1</b>	...	<b>parâm. p</b>	...	<b>parâm. m</b>
<b>parâm. 1</b>	1	...	$a_{1p}$	...	$a_{1m}$
...	...	...	...	...	...
<b>parâm. p</b>	$a_{p1}$	...	1	...	$a_{pm}$
...	...	...	...	...	...
<b>parâm. m</b>	$a_{m1}$	...	$a_{mp}$	...	1

Quadro 3: Matriz de Comparação Pareada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Valores	Descrição e justificativa da importância
1	<b>Igual</b> - Os dois parâmetros contribuem equitativamente.
3	<b>Moderada</b> - O parâmetro comparado é um pouco mais importante que o outro.
5	<b>Essencial ou forte</b> - Julgamento favorecendo fortemente um parâmetro sobre o outro.
7	<b>Muito forte</b> - Um parâmetro é fortemente favorecido, com demonstração na prática.
9	<b>Extrema</b> - O parâmetro comparado apresenta uma importância maior do que o outro em maior nível possível.
2, 4, 6, 8	<b>Valores intermediários</b> - Quando há uma condição intermediária entre duas definições.

Quadro 4: Escala de julgamento de importância do AHP. Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Após o preenchimento da Matriz de Comparação Pareada, foi obtido o vetor de pesos associados a essa matriz, como mostra o Quadro 5, em que cada elemento desse vetor indica a importância relativa de cada parâmetro quando comparado aos demais.

Par.	par. 1	...	par. p	...	par. m	auto-vetor	Pesos
<b>par. 1</b>	1	...	$a_{1p}$	...	$a_{1m}$	$\bar{g}_1 = \sqrt[m]{a_{11} * \dots * a_{1p} * \dots * a_{1m}}$	$\omega_1 = \frac{\bar{g}_1}{S}$
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>par. p</b>	$a_{p1}$	...	1	...	$a_{pm}$	$\bar{g}_p = \sqrt[m]{a_{p1} * \dots * a_{pp} * \dots * a_{pm}}$	$\omega_p = \frac{\bar{g}_p}{S}$
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>par. m</b>	$a_{m1}$	...	$a_{mp}$	...	1	$\bar{g}_m = \sqrt[m]{a_{m1} * \dots * a_{mp} * \dots * a_{mm}}$	$\omega_m = \frac{\bar{g}_m}{S}$
<b>Soma</b>	$\sum_{p=1}^m a_{p1}$	...	$\sum_{p=1}^m a_{pp}$	...	$\sum_{p=1}^m a_{pm}$	$S = \sum_{p=1}^m \bar{g}_p$	1

Quadro 5: Vetor de pesos associado à Matriz de Comparação Pareada. Fonte: Elaborado pelos autores

Em seguida, ainda foi necessário avaliar a consistência dos resultados. Essa etapa foi realizada a partir do cálculo do Índice de Consistência (IC) e da Razão de Consistência (RC). Para Campioli e Vieira (2019), o IC prevê uma boa estimativa em relação aos pesos resultantes do AHP. Essa verificação é obtida por meio da Equação 1.



$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - m}{m - 1} \quad (1)$$

Sendo:

$IC$  - Índice de Consistência;  $\lambda_{m\acute{a}x}$  - Autovalor máximo;  $m$  - Número de parâmetros utilizados para o cálculo

Por fim, para a realização do cálculo da RC foi preciso usar o valor do Índice Randômico (IR), que varia com a quantidade “m” de parâmetros estabelecidos na Matriz de Comparação Pareada. Saaty (1987) propõe uma tabela com os IR’s de matrizes de ordem 1 a 10, calculados em laboratório, conforme exibido na Tabela 1.

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabela 1: Índices randômicos (IR). Fonte: Saaty (1987)

A RC é obtida pela razão entre IC e o IR correspondente. Segundo Saaty (1987), caso a RC seja menor ou igual a 10% os julgamentos obtidos são consistentes.

## 2.6 Utilização da Álgebra de Mapas

Para essa etapa foram realizadas operações aritméticas utilizando a ferramenta *raster calculator* do *software* ArcGIS, onde foram associados os parâmetros de suscetibilidade a inundação reclassificados e representados por dados matriciais com os pesos estabelecidos na etapa anterior. Como subsídio para essa etapa, foi utilizado o modelo apresentado pela Equação 2.

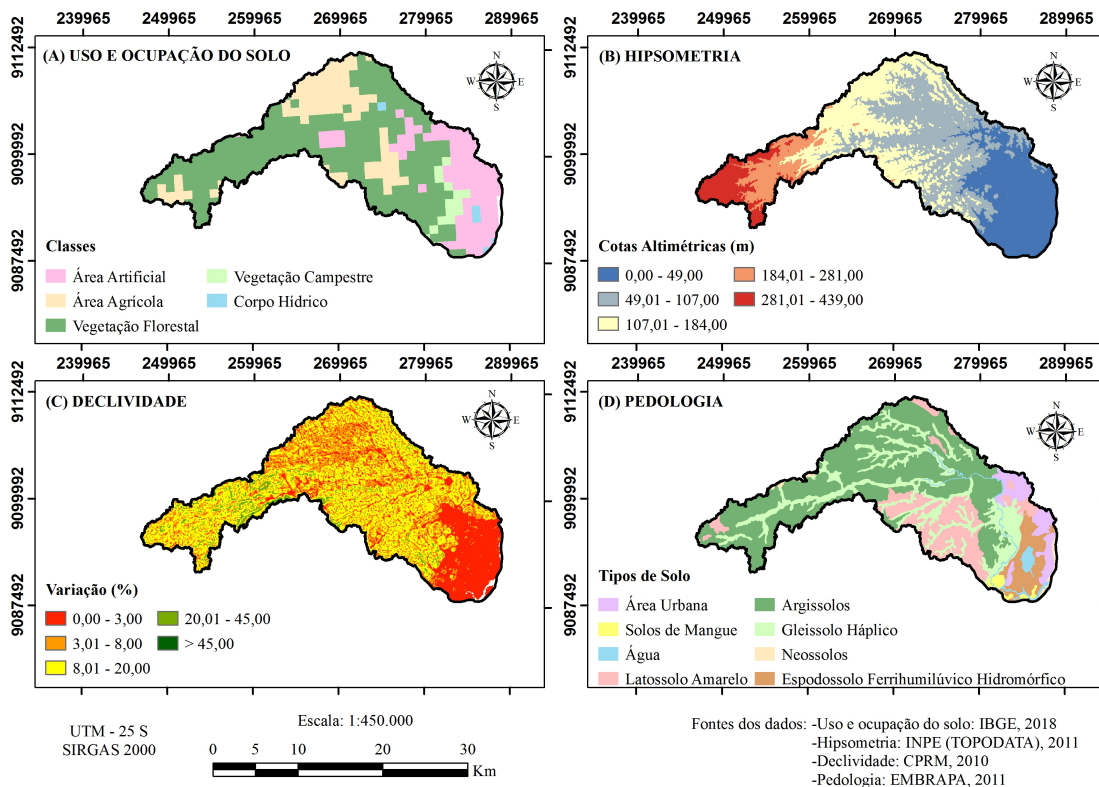
$$M = \omega_U * U + \omega_H * H + \omega_D * D + \omega_S * S \quad (2)$$

Sendo:

$M$  - Mapa de risco de inundação;  $U$  - Uso e ocupação do solo;  $H$  - Hipsometria;  $D$  - Declividade;  $S$  - Tipo do solo;  $\omega$  - Peso do respectivo parâmetro (obtido pelo AHP).

## 3. Resultados e discussão

Por meio da utilização do SIG, foi possível compor os mapas de comportamento dos parâmetros de suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão elencados neste estudo, como apresenta a Figura 2. São eles: uso e ocupação do solo (A), hipsometria (B), declividade (C) e pedologia (D).



**Figura 2: Comportamento dos parâmetros de suscetibilidade a inundação na bacia hidrográfica do rio Jaboaão. Fonte: elaborado pelos autores.**

Analisando a referida figura, é possível observar a predominância de área antropizada a leste da bacia, o que corresponde à zona urbana do município de Jaboaão dos Guararapes e também de pequena parte da cidade do Recife e Cabo de Santo Agostinho. Em contrapartida, a parte oeste é compreendida, em grande parte, por vegetação florestal e área agrícola. A respeito da geomorfologia da região, há uma prevalência de cotas altimétricas e declividade baixas na porção sudeste, indo de encontro ao que é verificado a sudoeste. Sobre a pedologia, a maior parte da bacia é preenchida por solos que possuem baixa capacidade de infiltração, ou seja, mais suscetíveis à inundação.

A Matriz de Comparação Pareada desenvolvida para este estudo está apresentada no Quadro 6. Os valores utilizados para o preenchimento da matriz foram os mesmos que são encontrados em estudos semelhantes (BRAGA et al., 2020; LEAL et al., 2020; CAPRARIO, 2017). Nessa matriz foi observado que, conforme os valores dos pesos, o parâmetro declividade foi definido como o mais importante diante dos demais e a pedologia como o menos importante.

Parâmetro	(A)	(B)	(C)	(D)	Pesos
Uso e ocupação do solo (A)	1	1/3	1/5	3	0,1175
Hipsometria (B)	3	1	1/3	5	0,2622
Declividade (C)	5	3	1	7	0,5650
Pedologia (D)	1/3	1/5	1/7	1	0,0553

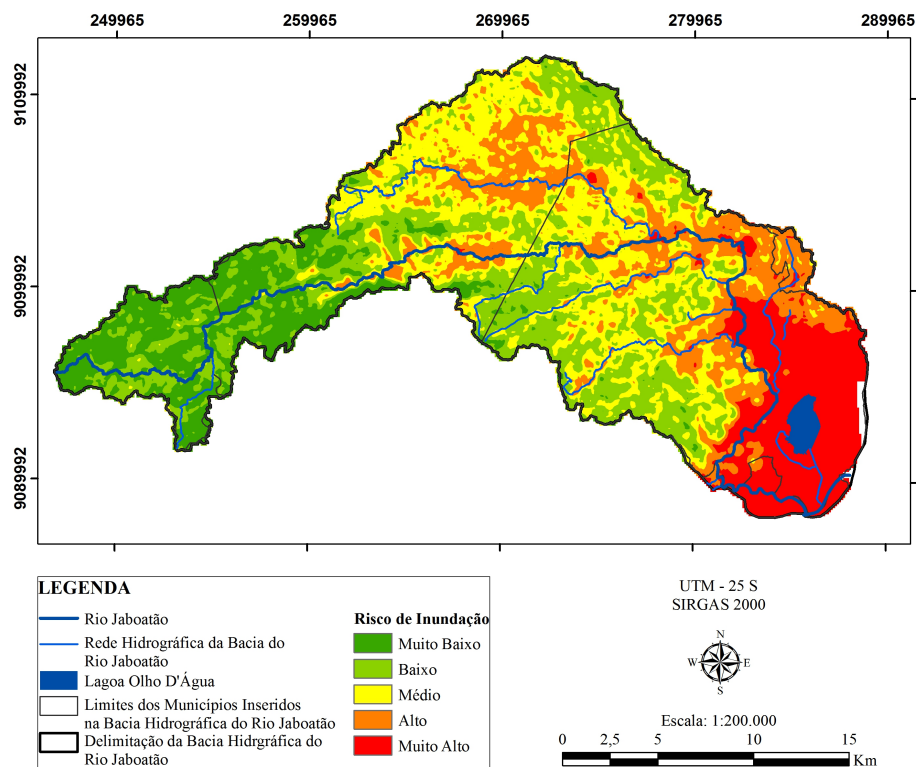
**Quadro 6: Matriz de Comparação Pareada dos parâmetros da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.**

Fonte: Elaborado pelos autores



A partir dos valores definidos na Matriz de Comparação Pareada e da determinação dos pesos relativos a cada parâmetro, foi analisada a consistência desses resultados, onde foi obtido o IC equivalente a 0,0396 e a RC igual a 4,3977%. Pelo fato do valor da RC ser inferior a 10%, os pesos estabelecidos para este modelo são aceitáveis, segundo Saaty (1987).

Por fim, foi possível elaborar o seguinte modelo matemático para a produção do mapa de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão:  $M = 0,1175*U + 0,2622*H + 0,5650*D + 0,0553*S$ , o qual foi submetido à álgebra de mapas no ambiente SIG, onde foi gerado o mapa representado pela Figura 3.



**Figura 3: Mapa de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão. Fonte: elaborado pelos autores.**

Analisando a área mapeada, pode-se observar que o risco de inundação muito alto se apresenta dominante na parte sudeste da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, abrangendo a parte costeira do município de Jaboatão dos Guararapes e a porção do município do Cabo de Santo Agostinho que está inserida na bacia. Esse fato se deve, principalmente, às características físico-naturais dessa região, ou seja, as baixas cotas altimétricas e declividades, por contemplar a lagoa Olho d'Água, como também por representar a maior parte da área urbanizada da bacia.

Ainda de acordo com a análise, também foi verificado o risco do tipo muito alto em áreas pontuais da bacia, tais como, a porção centro-norte do município de Jaboatão dos Guararapes e a parte leste do município de Moreno, sobretudo por representarem os centros urbanos desses municípios e estarem situadas nas proximidades do rio Jaboatão.

Corroborando com este estudo, as constatações supracitadas também podem ser verificadas nos trabalhos de França et al. (2016) e Nóbrega e Farias (2016), que

identificaram as áreas inundáveis e analisaram a variabilidade da precipitação pluviométrica do município de Jaboatão dos Guararapes, respectivamente; Gomes et al. (2020), que realizaram o diagnóstico de áreas vulneráveis a inundações no município do Cabo de Santo Agostinho; Freitas (2016), que mapeou o risco a movimento de massa e inundação em áreas urbanas do município de Moreno; e no Geoportal do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que se configura como uma plataforma interativa que reúne informações sobre áreas com alto e muito alto risco de inundações, além de outros tipos de desastre em mais de 1.600 municípios brasileiros. Essas verificações endossam a eficácia do AHP, demonstrando a precisão desse método.

#### 4. Conclusão

O mapeamento quanto ao risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão demonstrou que as regiões que apresentam maiores índices à ocorrência desse tipo de acidente são as que possuem um conjunto de parâmetros combinados, tais como baixas declividade e altitude, fortes intervenções antrópicas e solos com pouca capacidade de infiltração. De maneira geral, a bacia estudada apresentou um grau elevado quanto ao risco de inundação na porção sudeste, sobretudo devido às suas características físico-naturais e ao alto índice de urbanização.

A utilização do SIG, em conjunto com o AHP, para a realização do referido mapeamento apresentou resultados satisfatórios, podendo ser utilizado em tomadas de decisões por órgão gestores e/ou profissionais da área. A combinação dessas ferramentas permite uma grande variedade de aplicações, geralmente fornecendo bons resultados, em que outros parâmetros podem ser considerados, principalmente em locais onde o acesso é deficitário.

Por fim, destaca-se a importância da elaboração desse tipo de estudo com o intuito de subsidiar um planejamento urbano adequado, visando o uso ordenado da terra de forma a mitigar ou reduzir a ocorrência de acidentes hidrológicos.

#### Referências

BADARAU, M. S.; LISTO, F. L. R. Análise de riscos a inundação no bairro Maranguape I, Paulista - PE. *In*: LISTO, F. de L. R. (Org.). **Retratos da Geografia: olhares através das geotecnologias**. Recife: MapGeo, 2020. p. 63-71.

BRAGA, J. O. **Alagamentos e inundações em áreas urbanas: estudo de caso na cidade de Santa Maria – DF**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília.

BRAGA, S. E.; WANDERLEY, R. A.; HOLANDA, T. F.; CALDAS, A. M. Mapeamento de risco de inundação no município de Limoeiro - PE. *In*: LISTO, F. de L. R. (Org.). **Retratos da Geografia: olhares através das geotecnologias**. Recife: MapGeo, 2020. p. 119-128.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Cartilha de orientação à população no período de alerta de chuvas intensas**. Brasília, DF, 2017.

BRITO, A. J.; CONSERVA, C. S.; ARAÚJO, C. B.; LAVINAS, E. C.; ANDRADE, L. M. S. Expansão urbana e drenagem: Análise das soluções propostas para manejo de águas pluviais em região produtora de água na bacia do Paranoá, DF. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. esp., p. 588-605, 2020.

CAMPIOLI, P. F.; VIEIRA, C. V. Avaliação do risco a inundações na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, Joinville/SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 01, p. 124-138, 2019.

CAPRARIO, J. **Desenvolvimento de um instrumento para o mapeamento de áreas suscetíveis a alagamentos e inundações urbanas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CASAROTI, C. J. M.; SILVEIRA, F.; CAMARA, G. S.; SOUSA, L. A. S. Verificação do Código Florestal atual em APP de rios perenes e intermitentes no contexto urbano da cidade de Curitiba. *In*: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 7., 2018, Recife. **Anais [...]** Recife: Recife Praia Hotel, 2018. p. 382-391.

FRANÇA, R. S.; GIRÃO, O.; MIRANDA, M. R. B.; RAFAEL, L. M. Identificação de áreas inundáveis no município de Jaboatão dos Guararapes – Região Metropolitana do Recife/PE. **OKARA: Geografia em debate**, v. 9, n. 3, p. 03-22, 2016.

FREITAS, R. R. L. **Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundações em áreas urbanas do município de Moreno - PE**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: Cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011.

GOMES, S. C. **Diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do rio Jaboatão**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

GOMES, D. P. P.; CLEMENTINO, E. L.; SANTOS, R. E. C.; VERAS, S.; PAZ, D. H. F.; FERREIRA, A. L. N. Diagnóstico de áreas vulneráveis a inundações localizadas no Cabo de Santo Agostinho-PE (Brasil). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 96814-96824, 2020.

LEAL, F. C. B. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; AQUINO, J. T. Mapeamento de áreas vulneráveis à inundações com uso do SIG e da análise multicritério: O caso da bacia hidrográfica do rio Una em Pernambuco. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. esp., p. 20-40, 2020.

LUCAS, A. H.; GUTIERREZ, L. A. R.; RHÖM, S. A.; LOLLO, J. A. Proposta para seleção de áreas potenciais para implantação de trincheiras de infiltração: Estudo de caso - *Campus* da UFSCar, São Carlos - SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 4, p. 135-141, 2010.

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

MANTIS, A. B.; VAZ, J. A. Mapeamento de áreas de risco de alagamento do município de Guarujá – SP utilizando Método de Análise Hierárquica. **Leopoldianum**, v. 45, n. 126, p. 69-85, 2019.

MARTIS, F. G.; COELHO, L. S. Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 7, n. 1, p. 65-80, 2012.

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F.; COSTA, V. C. Análise multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer-RJ. **Geo UERJ**, n. 33, e. 26037, p. 01-22, 2018.

MOREIRA, H. A. **Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio Jaboatão**: Sugestão de enquadramento preliminar. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologias e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L. Eventos extremos pluviais em Jaboatão dos Guararapes: Climatologia e estudo de caso. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. especial, p. 70-82, 2016.

OUMA, Y. O.; TATEISHI, R. Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. **Water**, v. 6, p. 1515-1545, 2014.

RAMOS, P. A. S.; OLIVEIRA, G. G.; BRITO, M. M.; SILVA FILHO, L. C. P. Proposta metodológica para o mapeamento da vulnerabilidade a inundações. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 281-291, 2018.

RIBEIRO, M. C. C. R.; ALVES, A. S. Aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. **Gestão da Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 3, p. 270-281, 2016.

ROSA, A. F.; ALMEIDA, M. R. R. Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio - MG. **Engenharia Ambiental**, v. 15, n. 1 p. 70-89, 2018.

ROSA, O. M. F.; PAZ, M. R. Análise histórica da ocupação das áreas públicas do loteamento Peurê - Navegantes / SC. In: CONGRESSO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 12., 2016, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Hotel Quinta da Bica D'Água, 2016. p. 01-17.

SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SILVA, E. R. A. C.; SANTANA, S. H. C.; MELO, J. G. S.; MENDES, S. M.; GALVÍNIO, J. D. A transformação da natureza e as potencialidades do monitoramento ambiental na Lagoa Urbana Olho D'Água - PE: Os desafios da complexa relação entre desenvolvimento urbano e a conservação de ambientes naturais. **Guaju**, v. 3, n. 2, p. 32-64, 2017.

SILVA, C. F. A.; SHULLER, C. A. B.; LIMA, F. V. M. S.; MORAES, J. K.; BARRETO, E. P. Análise multi-temporal dos processos de expansão urbana em áreas de risco utilizando técnicas fotogramétricas na cidade do Recife, nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: Escola Naval, 2017. p. 634-638.

SILVA, C. S.; GIRÃO, O. Análise morfométrica e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ) - Pernambuco. **Geosul**, v. 35, n. 75 p. 441-460, 2020.

STAMM, C.; STADUTO, J. A. R.; LIMA, J. F.; WADI, Y. M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Interações**, v. 14, n. 2, p. 251-265, 2013.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 1, p. 29-42, 2016.

ZANATA, J. M.; PIROLI, E. L.; DELATORRE, C. C. M.; GIMENES, G. R. Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em técnicas de geoprocessamento. **Revista Geonorte**, v. 02, n. 4, p. 1262-1272, 2012.