



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

**MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA
 HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE**

**MAPPING OF AREAS SUSCEPTIBLE TO FLOOD RISK IN THE PÚNGUÊ WATER BASIN,
 MOZAMBIQUE**

**CARTOGRAFÍA DE ZONAS SUSCEPTIBLES DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA DEL
 RÍO PÚNGUÊ, MOZAMBIQUE**

Gerson Moura Chitula¹, Adalberto Paulino Falso Armindo², Nhelete Cherinda³, Lelia Yasmin Roberto Ussene³

e595644

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i9.5644>

PUBLICADO: 09/2024

RESUMO

As inundações nas bacias hidrográficas acarretam prejuízos para a população, sendo estes eventos agravados em função de vários fatores. A escassez de informações, como mapas de risco, que possam auxiliar a gestão em áreas susceptíveis, tem sido um grande problema. Nesta perspectiva o presente trabalho tem por objectivo mapear áreas susceptíveis ao risco de inundações na Bacia do Púnguê, com base em técnicas de geoprocessamento e método AHP. As principais variáveis utilizadas foram: declividade, altimetria, uso da Terra. Com base em técnicas de geoprocessamento e métodos AHP foram atribuídos pesos para classificar a influência destes fatores na ocorrência de inundações, e pela sobreposição destes fatores, retornou o mapa de susceptibilidade, com valores identificando as áreas com o de baixo, médio e alto risco. Os principais resultados demonstram que em 41% da área de estudo prevalece a classe alto risco de inundação, seguida pelas classes médio risco (34%) e baixo risco (25%), representadas em tons de azul, amarelo e vermelho, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: AHP. Inundações. Risco. Geoprocessamento. Mapeamento.

ABSTRACT

Floods in river basins cause damage to the population, and these events are aggravated by several factors. The scarcity of information, such as risk maps, that can assist management in susceptible areas, has been a major problem. From this perspective, the present work aims to map areas susceptible to the risk of flooding in the Púnguê Basin, based on geoprocessing techniques and the AHP method. The main variables used were slope, elevation, land use. Based on geoprocessing techniques and AHP methods, weights were assigned to classify the influence of these factors on the occurrence of floods, and by overlapping these factors, the susceptibility map was returned, with values identifying areas with low, medium and high risk. The main results demonstrate that in 41% of

¹ Mestrado em Gestão Ambiental e Recursos Hídricos e licenciado em Ciências Biológicas. Docente na Universidade Aberta ISCED e Universidade Católica de Moçambique no curso de Licenciatura em Gestão Ambiental.

² Doutoramento em Estudos Globais (Em curso) - Universidade Aberta- Lisboa. Doutoramento em Gestão de Projetos. Especialização: Gestão Estratégica Empresarial e Desenvolvimento Diretivo – UNINI. Mestrado em Gestão Estratégica de Pessoal- Universidade Jean Piaget de Moçambique. Geografia - Universidade Pedagógica, Moçambique. Diretor de Unidade Orgânica a Universidade Aberta -ISCED, Moçambique. Assistente (Docente Universitário) da Universidade Aberta - ISCED, Moçambique. Diretor do Centro de Recursos da Maxixe-Inhambane, da Universidade Aberta – ISCED, Moçambique. Assistente (Docente Ensino Superior Politécnico), no ISAP- Instituto Superior de Administração Pública, Moçambique. Assistente (Docente Universitário) na Universidade Alberto Chipande, Moçambique. Assistente (Docente Universitário) na Universidade Jean Piaget de Moçambique. Assistente (Docente Universitário) na Universidade Católica de Moçambique, Centro de Ensino à Distância. Diretor de Unidade Orgânica - Beira, na ESEG-Escola Superior de Economia e Gestão, Moçambique. Subdiretor de Unidade Orgânica – Beira, na ESEG-Escola Superior de Economia e Gestão, Moçambique. Monitor (Docente Universitário), na Universidade Pedagógica, Moçambique.

³ Universidade Aberta ISCED.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitulá, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

the study area the high flood risk class prevails, followed by the medium risk (34%) and low risk (25%) classes, represented in shades of blue, yellow and red, respectively.

KEYWORDS: AHP. Floods. Risk. Geoprocessing. Mapping.

RESUMEN

Las inundaciones en las cuencas hidrográficas causan daños a la población, y estos eventos se agravan debido a varios factores. La escasez de información, como mapas de riesgos, que puedan ayudar a la gestión en zonas susceptibles, ha sido un problema importante. En esta perspectiva, el presente trabajo tiene como objetivo mapear áreas susceptibles de riesgo de inundación en la Cuenca del Púnguê, a partir de técnicas de geoprociamiento y el método AHP. Las principales variables utilizadas fueron: pendiente, altimetría, uso del suelo. Con base en técnicas de geoprociamiento y métodos AHP, se asignaron pesos para clasificar la influencia de estos factores en la ocurrencia de inundaciones, y mediante la superposición de estos factores, se devolvió el mapa de susceptibilidad, con valores identificando las áreas con riesgo bajo, medio y alto. Los principales resultados muestran que en el 41% del área de estudio prevalece la clase de alto riesgo de inundación, seguida de las clases de riesgo medio (34%) y riesgo bajo (25%), representadas en tonos de azul, amarillo y rojo, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: AHP. Inundación. Riesgo. Geoprociamiento. Cartografía.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos mais complexos desafios do século XXI. Os impactos verificam-se no aumento da frequência dos desastres naturais. Moçambique ocupa a 10ª posição dos países mais vulneráveis a este tipo de fenómenos. Nos últimos 30 anos, pelo menos 14% da população foi afetada por secas ou cheias. Esta situação tem causado perdas humanas significativas, o que se reflete na necessidade de implementação de ações de gestão do risco de inundações.

As inundações são o fenómeno que mais danos causa ao meio ambiente e à economia de um país. Destacam-se aqui perdas de vidas humanas e impactos económicos muito significativos. As perdas económicas causadas por desastres como inundações, terremotos, tsunamis e ciclones aumentaram hoje para uma média entre 250.000 milhões e 300.000 milhões de dólares por ano. (Gar, 2015)

Moçambique é um país altamente vulnerável aos eventos extremos. Por outro lado, estes desastres têm a tendência a aumentar, não só pelo número como também pela magnitude. O que resulta em perdas de vidas humanas, económicas e financeiras, assim como danos ambientais graves. Os países com baixo rendimento são os que mais sofrem com os eventos climáticos extremos. Se nada for feito a este nível, é muito provável que nos próximos tempos os desafios sejam cada vez maiores. Portanto, são necessárias medidas a curto e médio prazo para mitigar os impactos desses eventos, de modo a não comprometer os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (OSD). Onde o estudo pode ser enquadrado nos Objectivos 12 e 15 (Agenda 2030 da ONU), garantir padrões sustentáveis de consumo e produção, e proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater à



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

desertificação e deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade, respectivamente.

Gonzalez *et al.*, (2016) definem vulnerabilidade como o grau de perda para um dado elemento, ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. Entretanto, como forma de reduzir o nível de vulnerabilidade das populações, a inclusão da participação das comunidades vulneráveis ao risco de inundações no processo de tomada de decisão é apontada como um fator importante. Isto é, pode contribuir para o melhoramento do processo de planeamento criando oportunidade para a combinação de informação proveniente dos diferentes intervenientes (Vasconcelos *et al.*, 2006).

O mapeamento das áreas de risco a inundações tem extrema importância no planejamento territorial, pois é uma ferramenta que subsidia a prevenção e controle de desastres naturais decorrentes da expansão urbana, que está diretamente associada ao grau de risco e prejuízos causados por estes eventos. Os mapeamentos, em geral, produzem cartas de suscetibilidade, perigo ou risco e têm correspondência com os objetivos do mapa e com as escalas de trabalho envolvidas. Diante do exposto, esse estudo objetivou elaborar o mapeamento de áreas de risco de inundações na Bacia Hidrográfica de Púnguê por meio do componente biofísico, através do Método de Análise Hierárquica (AHP) para o uso e aproveitamento sustentável.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo

Bacia Púnguê- ocupa uma área total de cerca de 29 500km, sendo 28 000km no território moçambicano, o rio Púnguê nasce no Zimbabué e percorre uma extensão de cerca de 322km na planície desaguando no oceano Índico.

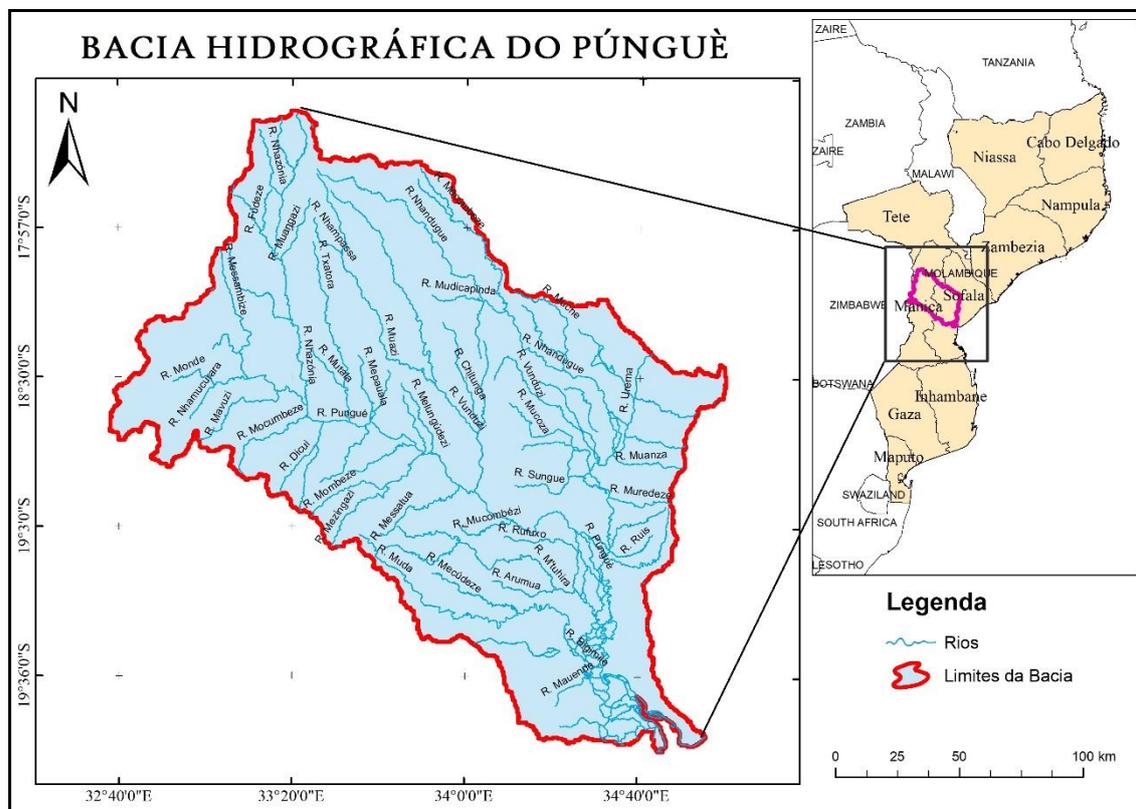
Com uma área total de aproximadamente 29.500 km², a bacia do Púnguê é uma das maiores de Moçambique. O rio Púnguê, com seus 322 km, nasce no Zimbabue e desempenha um papel crucial no ecossistema e na economia da região. Com uma área total de aproximadamente 29.500 km², a bacia do Púnguê é uma das maiores de Moçambique. O rio Púnguê, com seus 322 km, nasce no Zimbabue e desempenha um papel crucial no ecossistema e na economia da região, como ilustra a figura 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

Figura 1: Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Púnguê



Fonte: Autores, 2024

A bacia hidrográfica do rio Púnguê é caracterizada por uma diversidade de actividades humanas, que inclui agricultura e mineração, exige um conhecimento mais aprofundado da fragilidade ambiental da região para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais. Entretanto, nota-se ausência de conhecimentos sistematizados sobre a fragilidade ambiental face às particularidades da Geodiversidade e da biodiversidade, que podiam servir de base para definição de medidas de prevenção ou de correção de riscos ou impactos ambientais associados.

2.2. Materiais e métodos

Mapa de risco de inundação

O método de Análise Hierárquica (AHP) é uma ferramenta para tomada de decisões que organiza informações em uma estrutura hierárquica. Através de comparações par a par, o decisor atribui valores de importância relativa aos diferentes critérios, permitindo estabelecer uma hierarquia e priorizar as alternativas (Berger *et al.*, 2007). A altitude, declive, uso e aproveitamento da terra e o tipo de solos são factores extremamente fundamentais e conjugados que influenciam o nível da água determinado por uma enchente (Santos, 2010).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lélia Yasmin Roberto Ussene

a) *Altitude*

A altitude é um factor determinante no risco de inundação. Em uma bacia hidrográfica, a água tende a escoar das áreas mais altas para as mais baixas devido à força da gravidade. Assim, regiões com maior altitude estão menos sujeitas a inundações, enquanto áreas mais baixas concentram o volume de água, aumentando o risco de alagamentos (Magalhães *et al.*, 2011, p. 65).

b) *Declividade*

A declividade do terreno exerce um papel fundamental na ocorrência de inundações. Em áreas com baixa declividade, a água proveniente das chuvas escoar lentamente, acumulando-se nas depressões do terreno e aumentando o risco de inundações e vice-versa. (Magalhães *et al.*, 2011, p. 65).

c) *Uso da Terra*

O uso e a ocupação do solo influenciam diretamente o escoamento superficial. Áreas impermeabilizadas, tendem a acumular mais água, aumentando o risco de inundações, em comparação com áreas com cobertura vegetal (Magalhães *et al.*, 2011, p. 65).

Matrizes de decisão

Para elaboração da matriz utilizou-se a escala fundamental de Saaty, conforme apresentado no Quadro 1. A elaboração é definida a partir de uma escala linearmente hierárquica de importância entre os fatores de estudo.

Tabela 1: Escala de comparadores

Valores	Nível de Importância
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Saaty (1997), citado por Rosot *et al.* (2000)

Santos *et al.* (2010) afirmam que a fase de atribuição dos valores, com base na escala de comparadores, é considerada um dos momentos mais importantes durante o processo de confecção dos mapas de inundação, já que os valores de importância atribuídos a um fator interferiram diretamente no resultado obtido. A matriz de comparação pareada desenvolvida é apresentada conforme a Tabela 1. Portanto o fator altitude foi definido como mais importante diante dos outros três fatores e em seguida foi a declividade.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

Tabela 2: Matriz de comparação dos fatores

Fatores	Declividade	Altitude	Uso e ocupação do solo	Tipos de solos
Declividade	1	1	2	5
Altitude	1	1	2	9
Uso e ocupação do solo	0,5	0,5	1	3

Fonte: Matriz AHP, adaptado pelo autor, 2024

Para essa etapa foram realizadas operações aritméticas utilizando a ferramenta *raster calculator* do software ArcGIS, onde foram associados os parâmetros de susceptibilidade a inundação reclassificados e representados por dados matriciais com os pesos estabelecidos na etapa anterior. Após a obtenção dos pesos de cada fator, atribui-se de seguida os valores conforme a Equação 1, para elaboração do mapa de área de risco inundação.

$$R = 48D + 42A + 10US \text{ (Eq. 1)}$$

Em que:

- R: Risco de Inundação no Distrito de Dondo;
- D: Mapa de declividade (%);
- A: Mapa de Altitude (m)
- US: Mapa de uso e ocupação de Solo.

Elaboração dos mapas dos fatores analisados

Para elaboração dos mapas dos fatores analisados, foram posteriormente reclassificados em classes, as quais foram aplicadas notas de acordo com o seu grau de susceptibilidade à inundação variando de 0 a 10, do menos ao mais susceptível.

Altitude (m)

Adquiriu-se um SRTM no site da USGS¹, com a resolução espacial de 30m e de seguida foi feito a sua correcção (*fill*) para preencher os vazios. Seguiu-se a selecção do contorno geral da área de estudo, o seu Shapefile (*shp*), onde foi sobreposta ao modelo digital de elevação (MDE) e feito o processo de extracção da máscara "*Extract by Mask*" para se ter apenas o recorte do MDE da área de estudo, e de seguida foi seleccionado o seu datum original WGS_84 Zona 36S. Posteriormente extraiu-se as curvas de níveis automaticamente no ArcGIS 10.8, com a equidistância de 30m registadas automaticamente na tabela de atributos, com a finalidade de criar a base planialtimétrica, possibilitando à geração de redes de triângulos irregulares (TIN) para dar lugar à elaboração do modelo digital de elevação (MDE), com a ferramenta: "*Contour*", que se localiza em *Spatial Analyst Tools* → *Surface*. Para a elaboração do TIN foi utilizada uma base de dados de curvas de níveis no formato *Shapefiles* (*shp*) obtidas automaticamente, como anteriormente referenciada. Este formato

¹ United States Geological Survey: <https://earthexplorer.usgs.gov/>



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

permitiu o cruzamento de informações referente à hipsometria e geomorfologia do terreno na ferramenta *Arc Toolbox* → *3D Analyst Tool* → *TIN Management* → *Creat TIN* no software *ArcGIS 10.5*. Gerado o *TIN*, seguiu-se o processo de criação do MDE o qual foi convertido do formato *raster* para *Shapefiles* obedecendo aos passos de sua transformação a partir da ferramenta *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tool* → *Reclass* → *Reclassify* → *Conversion Tool* → *From Raster* → *Raster to Polygon* em ambiente *ArcMap 10.8*, finalmente foi reclassificado em 5 classes e as notas aplicadas conforme o Quadro 2 abaixo.

Tabela 3: Peso atribuídos ao MDE

Classes de Altitude (m)	Notas
- 8 - 223	10
223 - 477	7
477 - 783	5
783 - 1279	2
1279 - 2584	1

Declividade

A partir do *layer* do limite da área recortada do local da pesquisa e, diante dos dados já extraídos automaticamente para a tabela de atributos gerou-se o *TIN* e *MDE* que transformados em *Raster* já criados, permitiu a geração do mapa de declividade da área de estudo através da ferramenta *Arc ToolBox* → *3D Analyst Tools* → *Spatial Analyst* → *Tools* → *Surfce* → *Slope* no ambiente *ArcGis 10.8*. O *MDE* foi posteriormente reclassificado em cinco (5) classes e as notas foram aplicadas de acordo com o Quadro 4.

Tabela 4: Peso atribuídos a Declividade

Declividade (%)	Classes de Relevô	Notas
0 – 3	Plano	10
3 – 8	Suave Ondulado	9
8 – 20	Ondulado	7
20 – 45	Fortemente Ondulado	3
>45	Montanhoso	1

Uso e ocupação da terra

Para a identificação de classes de uso e ocupação do solo da Bacia do Púnguê, foi mediante a utilização da base de dados pré-existente, fornecida pelo CENACARTA (Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção), posteriormente reclassificada e atribuída os seguintes pesos, conforme ilustra o Quadro 5 abaixo:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

Tabela 5: Peso atribuídos a classe de uso e ocupação de solo

Classes de uso e ocupação de Solo	Notas
Arbustos	1
Vegetação 1	2
Área de Cultivo	5
Urbanização	8
Água	10
Vegetação 2	3

Após a execução do cálculo algébrico do Risco, que posteriormente foi convertida para polígono para possibilitar o cálculo e delimitação da área de alto risco de inundação.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Por meio da utilização do SIG, foi possível compor os mapas de comportamento dos parâmetros de risco à inundação elencados neste estudo, como apresenta a Figura 2. São eles: altitude (A), declividade (B), uso da terra (C).

Conforme contabilizado, as 3 classes de maior presença no mapa da bacia hidrográfica do rio Pungue, segundo ordem de importância foram: a classe baixa, média e alta. Diante disso, a classe Alta representa zonas de maior susceptibilidade a inundações ao longo da bacia, e são representadas no mapa pela cor azul, na qual constituem áreas de maior risco de inundações a nível da bacia. Deste modo, a classe Alta foi identificada como o nível de susceptibilidade com maior proximidade dos canais de acumulação de massas de águas no rio.

A classe média e baixa, são caracterizadas pela presença de áreas de menor risco de inundações na bacia. Assim sendo, na classe média que no mapa, representa a cor amarelada, é possível observar que existem áreas de pequenas proporções que são caracterizadas por médias inundações, ou seja, na classe media, existem áreas na qual podem ocorrer inundações, mais de pequenas proporções pois essas são áreas são caracterizadas por relevo ondulado.

A última classe, que no mapa representa a cor vermelha, é caracterizada pela Baixa, ou seja, pela ausência de risco de inundações na bacia hidrográfica do rio Pungue. Diante disso, vale ressaltar que, a classe baixa, corresponde áreas montanhosas ao longo do rio Pungue.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitula, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

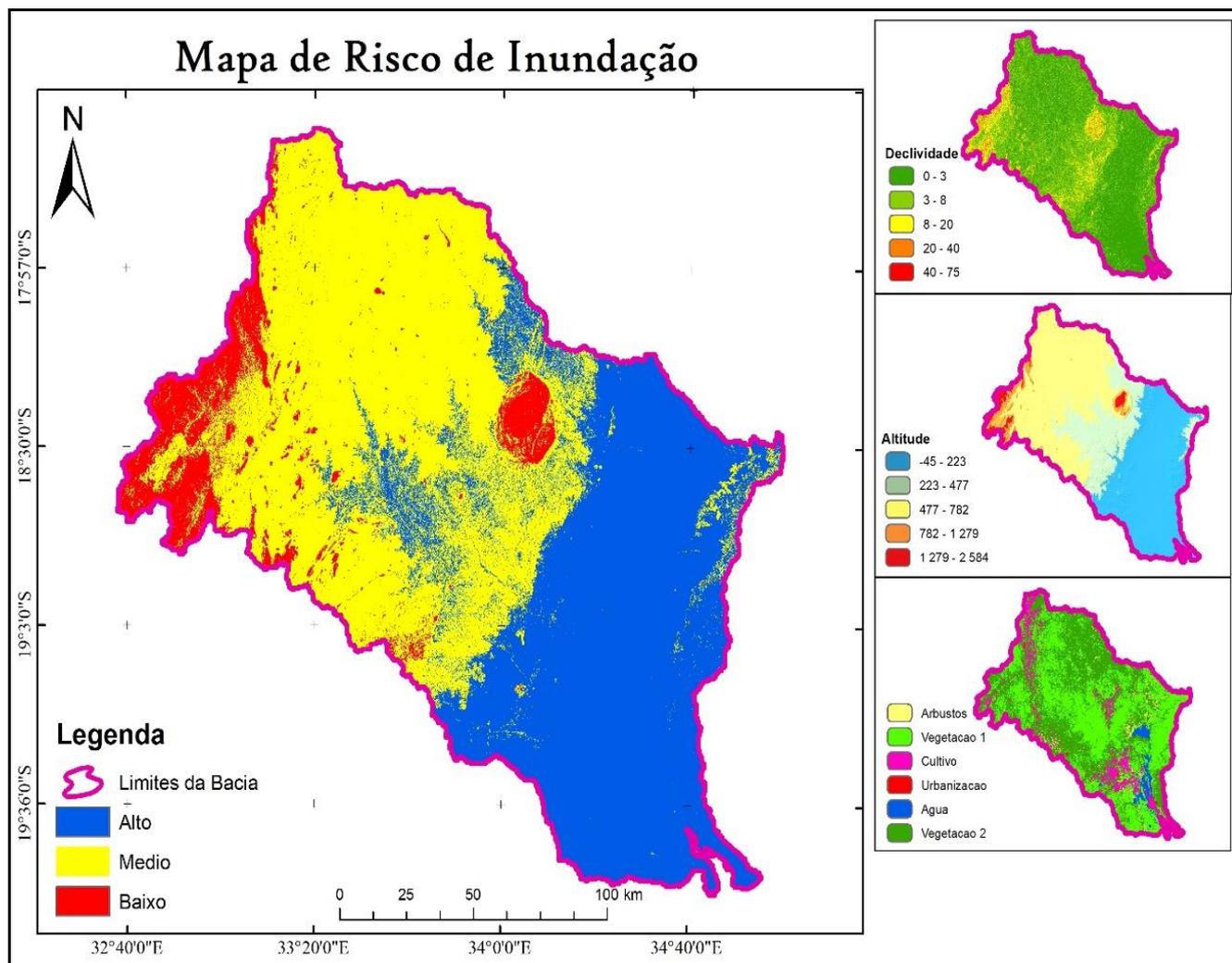


Figura 1: Mapa de risco de inundação da bacia do Púnguê, 2024
Fontes: Autores

O mapa demonstra que em 41% da área de estudo prevalece a classe alto risco de inundação, seguida pelas classes médio risco (34%) e baixo risco (25%), representadas em tons de azul, amarelo e vermelho, respectivamente.

Percebe-se que as áreas consideradas como de risco muito alto estão concentradas principalmente nas regiões mais baixas da bacia (altitude menor que 250 m) e com declividades menores, inferiores a 23 %. Observa-se, ainda, que essa classe está localizada prioritariamente à margem direita. Nessas áreas concentram-se poucas edificações, as quais impedem que ocorra infiltração de água de chuva no solo. Apesar dessas áreas estarem localizadas majoritariamente em solos considerados bem drenados, percebe-se que à baixa declividade, intensificam o grau de risco a inundação, uma vez que a água tende a escoar e acumular-se nestas regiões com maior intensidade por falta de áreas permeáveis.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitulá, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

As áreas que apresentam risco altíssimo e alto de inundação estão, em sua maioria, sobre as áreas de relevo plano a suave ondulado. A menor declividade confere às áreas diminuição da capacidade de escoamento da água por consequência do maior tempo de retenção e acúmulo. Segundo Oliveira *et al.*, (2010), Kang *et al.*, (2013), Rudari *et al.*, (2014) e Oliveira *et al.*, (2004), quanto maior a altitude e declividade, menos suscetível é a área à ocorrência de inundações. Este fato está associado ao tipo de relevo, pois apresenta um relevo plano, onde a massa hídrica tem maior concentração, e também em épocas chuvosas, facilitando o processo de inundações ao longo da bacia hidrográfica do rio Pungue.

A classe de risco médio se concentra em espaços com declividades entre 3 e 20%, altitude acima de 780 metros e com variação do tipo de solo. Contudo, o que se percebe é que a existência de área não edificada contribui para permeabilidade nesses locais, diminuindo assim a susceptibilidade à ocorrência de inundação.

A classe de baixo risco situa-se em áreas com declividades acima de 20% em diante, altitude acima de 1200 m, espaços não edificados e com cobertura vegetal. Por apresentarem baixo índice de permeabilidade e relevo montanhosos, nessas áreas a possibilidade de haver inundação é totalmente inexistente. Entretanto, tais áreas podem se tornar geradoras potenciais de fluxo superficial.

Ao relacionar as informações do mapa de uso do solo com as do mapa de risco de inundação, ficou claro que o percentual de risco de inundação é mais alto nas áreas impermeáveis devido à presença de solos jovens, associados com a ocupação urbana. Assim, áreas impermeáveis contribuem também para o “aumento da velocidade e do volume de escoamento superficial das águas urbanas; aumento do número e da frequência das inundações; incremento da poluição difusa pela lavagem das superfícies urbanizadas (...)” (Vargas, 1999 *apud* Andrade 2011, p. 13). Sabendo desses impactos causados pela existência de áreas impermeáveis nas cidades, é necessário que os órgãos públicos criem estratégias e normas reguladoras para atenuar e compensar a impermeabilização dos solos.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos que buscam a qualificação ou quantificação da fragilidade ambiental de uma determinada área são de extrema relevância para o planejamento e gestão territorial. A partir deste estudo foi possível identificar e analisar as áreas mais susceptíveis à ocorrência de inundação no perímetro. Para isso, aplicou-se a reclassificação de variáveis e o método de processo analítico hierárquico (AHP). O uso de geotecnologias contribuiu de forma expressiva para as análises de risco à inundação, pois seus resultados auxiliarão os gestores na tomada de decisões de caráter mitigador, quando já tenha ocorrido a ocupação dos espaços inadequados, e preventivo, visando a qualidade socioambiental nas cidades. Deste modo, estudos com objetivos e metodologias semelhantes como o desta pesquisa devem ser aplicados, modelados e financiados, pois são de extrema importância



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCO DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PÚNGUÊ, MOCAMBIQUE
Gerson Moura Chitulá, Adalberto Paulino Falso Armindo, Nhelete Cherinda, Lelia Yasmin Roberto Ussene

para o gerenciamento ambiental de áreas que estão cada vez mais expostas às atividades antrópicas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. L. **Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do Córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG**. 2011. Monografia (artigo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- BERGER, M. V. S.; SILVA, M. C. da.; SALDANHA, J. C. S. Análise de vulnerabilidade da RPPN Cafundó. *In: MORAES, A. C. de; SANTOS, A. R. dos. (Org.). Geomática e análise ambiental*. Vitória, ES: EDUFES, 2007. p. 32-46.
- ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação**: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- GALLI, I.; NASCIMENTO, L. P. A S.; BELDERRAIN, M. C. N. *Aplicação do método AHP clássico na escolha do operador logístico de uma empresa de telecomunicações*. *In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2007, Foz do Iguaçu: ENEP, 2007. p. 1-9.
- KANG, M. S.; GOO, J. H.; SONG, I.; CHUN, J. A.; HER, Y. G.; HWANG, S. W.; PARK, S. W. Estimating desing floods based on the critical storm duration for small watersheds. **Journal of Hydro-environment Research**, v. 7, p. 209-218, 2013.
- MACHADO, M. dos S.; MACHADO, S. W. S.; COHEN, S. C. A rota das chuvas em Petrópolis: cenário de uma inundação. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEFESA CIVIL*, 5., 2009, São Paulo. **Anais Eletrônicos** [...]. São Paulo: DEFENCIL, 2009. p. 1-9.
- MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, nov. 2011, p. 63-70.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; RESCK, D. V. S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 335-344, 2004.
- OLIVEIRA, G. G. de; SALDANHA, D.L.; GUASSELLI, L. A. Espacialização e análise das inundações na bacia hidrográfica do rio Caí/RS. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 413-427, 2010.
- RUDARI, R.; GABELLANI, S.; DELOGU, F. A simple model to map areas prone to surface water flooding. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 10, p. 428-441, 2014.
- SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R de O.; EUGENIO, F. C. (Coord.). **ArcGIS 9.3 totais**: aplicações para dados especiais. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES, 2010. 180 p.
- TUCCI, C. E. M. (Coord.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Associação Brasileira de Recursos Hídrico/UFRGS - ABRH, 1993. 952 p.