

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DE MACAU-RN, BRASIL¹

Yuri Marques Macedo²
Paulo Victor do Nascimento Araújo³
Davi Felipe de Assis Borges⁴
Arthur Oliveira Marinho⁵

INTRODUÇÃO

Os desastres socioambientais são consequência da “soma de falhas o desenvolvimento de uma sociedade” (PELLING, 2014). Mesmo assim, ainda são colocados como desastres naturais, principalmente em mídias que ganham com acessos rápidos, portanto sem tanto compromisso com a informação. O presente artigo compactua com essa perspectiva, ressaltando a necessidade de desnaturalização dos desastres, colocando o papel da população/sociedade no centro das análises, “perigos naturais como inundações, secas e ondas de calor tornam-se desastres como resultado da vulnerabilidade social, ou seja, uma propensão das pessoas, sociedades e ecossistemas a serem prejudicados” (RAJU, BOYD e OTTO, 2022).

Neste contexto, as metodologias de análise e avaliação do risco de desastre referência para esta pesquisa têm em comum a produção e análise de um sistema de indicadores, com suas variáveis categorizadas e ponderadas, resultando em um índice síntese. Em escala global tem-se o World Risk Index Welle e Birkmann (2015). Já na esfera nacional o DRIB (Disaster Risk Indicators In Brazil) de Almeida, Welle e Birkmann (2016). Analisando localmente, em nível estadual e/ou municipal, destacam-se os trabalhos de Medeiros (2014 e 2018); Macedo (2015); Oliveira (2018); e Macedo et al. (2020 e 2021).

Neste contexto, a pesquisa apresentada neste artigo tem como objetivo principal analisar o risco de desastre de Macau/RN, utilizando como área de estudo o centro e os distritos de Barreiras e Diogo Lopes, locais mais urbanizados do município, para compreensão das inter-

¹ Resultado de projeto de pesquisa de iniciação científica com bolsa financiada pela Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (Propi) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Edital 04/2023 – PROPI/RE/IFRN.

² Doutor em **Geografia** da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, yuri.macedo@ifrn.edu.br;

³ Doutor em **Geociências** da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, paulo.araujo@ifrn.edu.br;

⁴ Discente do Curso Técnico Integrado de **Informática** do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, davi.a@escolar.ifrn.edu.br;

⁵ Discente do Curso Técnico Integrado de **Informática** do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, arthur.marinho@escolar.ifrn.edu.br;

relações da vulnerabilidade social e exposição aos perigos naturais de inundações e deslizamento de terra.

MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro elaborado é o índice de vulnerabilidade social (IVS), estruturado a partir de variáveis socioeconômicas classificadas pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na escala de análise dos setores censitários, extraídos apenas os correspondentes às áreas de estudo, em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) utilizando-se o software ArcGIS 10.1. Este que foi utilizado para toda produção cartográfica e/ou análise espacial desta pesquisa.

O IVS de Macau, tem como referência a metodologia de Almeida (2010), que, por sua vez, se fundamentou no Índice Paulista de Vulnerabilidade Social, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Fundação SEADE) do Estado de São Paulo (SEADE, 2008). O Quadro 1 – mostra o agrupamento das variáveis nos indicadores.

Quadro 01. Indicadores de avaliação da vulnerabilidade social

Indicadores	Variáveis
Características Gerais dos domicílios	V1-Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água ou poço nascente na propriedade
	V2-Domicílios com banheiro sem esgotamento sanitário adequado
	V3-Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário
	V4-Domicílios sem coleta de lixo
	V5-Domicílios sem energia elétrica ou com ligações clandestinas
	V6-Domicílios com 6 à 10 moradores
	V7-Domicílios particulares permanentes sem morador do sexo masculino
	V8-Mulher responsável por domicílio com 5 moradores ou mais
	V9-Domicílios particulares permanentes do tipo casa em outra condição
Responsáveis pelo domicílio por gênero e idade/ Crianças	V10- Pessoas responsáveis, do sexo feminino
	V11-Pessoas responsáveis de 10 à 19 anos de idade
	V12-Crianças de 0 a 9 anos de idade
	V13- Total de Domicílios Particulares improvisados
Renda	V14- Domicílio com rendimento nominal mensal per capita de 0 à 2 salários mínimos
	V15- Responsáveis com rendimento nominal mensal de 0 à 2 salários mínimos do sexo feminino
Características do entorno	V16- Domicílios sem iluminação pública
	V17-Domicílios em logradouros sem pavimentação
	V18-Domicílios em logradouros sem bueiros/boca-de-lobo
	V19- Domicílios em logradouros com esgoto a céu aberto
Analfabetos	V20- Domicílios em logradouros com acúmulo de lixo
	V21- Número total de analfabetos por setor censitário

Fonte: Macedo et al, 2012. Adaptado de ALMEIDA, 2010

Para análise estatística dos dados, foi realizada uma análise fatorial das variáveis, com uso do software RStudio (software R). O procedimento é uma técnica estatística multivariada que, de acordo com a estrutura de dependência existente entre as variáveis de interesse (matriz

de correlações ou covariâncias entre as variáveis), permite a redução da quantidade de variáveis para fatores que explicam um percentual representativo da variabilidade total das variáveis em estudo. O universo amostral dos dados corresponde aos setores censitários das áreas urbanizadas do município de Macau, Rio Grande do Norte (RN), Brasil.

Ao final deste procedimento, foi produzido um score (resultado) para cada variável, utilizando-se do software ArcGIS 10.1 para e agrupado em 5 classes de vulnerabilidade para a produção do Mapa de vulnerabilidade de Macau e, por conseguinte, sua análise espacial: Muito alta; Alta; Média; Baixa; e Muito Baixa. O método de classificação utilizado foi o equal interval, o qual consiste em definir os intervalos das classes em função da equalização de sua distribuição.

O segundo momento da avaliação do risco de desastre de Macau foi a elaboração do IVFN, o qual se estrutura a partir de variáveis inerentes às características físicas-naturais da área de estudo. Estas características são fundamentais para avaliação de dois tipos diferentes de risco: inundação e movimento de massa (deslizamento). Neste sentido, em função da escala de análise e disponibilidade dos dados, o IVFN foi estruturado em três variáveis: Altimetria; Declividade; e Proximidade do rio e canais de drenagem. A declividade concerne à susceptibilidade e exposição ao movimento de massa, enquanto a altimetria e proximidade do rio e canais à inundação.

A altimetria e declividade foram obtidas a partir de MDE – Modelo Digital de Elevação, produzido a partir de LiDAR (Light Detection and Range) de alta resolução. Este método é uma tecnologia de sensoriamento remoto em plataforma móvel aerotransportada, detectando os objetos da superfície a partir da sua reflectância a um pulso laser. O produto deste levantamento foi calibrado, reamostrado e classificado em ambiente SIG.

Neste mesmo ambiente digital foi obtida a informação da variável sobre a proximidade dos canais de drenagem e rio Piranhas-Açu, ou seja, locais mais expostos a um evento de inundação. Os canais de drenagem foram mapeados em levantamento realizado na pesquisa de doutoramento de Araújo (2020), disponibilizados em formato compatível com o software (shp) para a geração de um buffer, que é uma regionalização espacial a partir da distância destas drenagens.

Após esta etapa de obtenção dos dados, foi realizada a categorização e classificação de cada variável em 5 classes, assim como a etapa anterior do IVS, portanto padronizando a análise em muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo risco. O quadro 2 a seguir mostra o agrupamento da classificação dessas três variáveis para geração do IVFN.

Quadro 02. Categorização das variáveis e classificação em níveis de vulnerabilidade físico-natural

Classes De Vulnerabilidade	Altimetria (M)	Declividade (°)	Proximidade Dos Canais (M)
Muito alta	0 – 2,572	45 - 76,90	40
Alta	2,572 – 6,038	30 – 45	80
Média	6,038 – 11,442	20 – 30	120
Baixa	11,442 – 17,49	10 – 20	160
Muito Baixa	17,49 – 25,194	0 – 10	200

Fonte: Dados da pesquisa

O método de classificação das variáveis variou em função da distribuição dos dados ou parâmetros legais. Por exemplo, o natural breaks, foi o escolhido por melhor distribuir os dados para a variável altimetria, este método consiste em agrupar os intervalos das classes em função dos padrões de distribuição da ocorrência dos valores, então portanto percebe-se melhor os padrões de mudança ou variação topográfica. Já a declividade foi classificada pelo método manual, pois as encostas com declividade superior a 45° são consideradas como áreas de preservação permanente, de acordo com o código florestal (Lei nº 12.651/2012). Por conseguinte, a proximidade dos canais de drenagem e rio foi classificada manualmente também, a partir dos critérios de intervalos com equidistância (40m) e tamanho das áreas de estudo. Deste modo, foi produzida uma superfície raster para as áreas de estudo, com valores dos pixels variando entre 1 e 5, desde Muito baixa até Muito alta vulnerabilidade, respectivamente.

Ao fim desta categorização, em ambiente SIG, houve a conversão da superfície gerada para as três variáveis, do formato raster para o formato vetorial (shp), então foram sobrepostas em único arquivo, no qual foram somados os níveis de vulnerabilidade com uso da ferramenta field calculator. Após este procedimento, houve o agrupamento do resultado em 5 classes com intervalos iguais de 3 unidades (3, 6, 9, 12, 15) através do método defined interval.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o resultado da análise fatorial, pode-se perceber os 4 fatores que atendem por 69,4% da variabilidade dos dados do IVS, são eles: F1 – Renda e Gênero; F2 – Saneamento e Educação; F3 – Saneamento básico; F4 – Saneamento, idade (jovens) e Gênero. Portanto, são estes quatro fatores que devem ter maior atenção e direcionamento de ações, quanto à mitigação da vulnerabilidade social e RRD (Redução do Risco de Desastres) no município.

Dos 28 setores censitários que compõem o espaço amostral analisado nesta pesquisa, apenas um foi identificado com muito alto IVS, correspondente ao bairro dos Navegantes na sede urbana do município (4%), e nenhum a classe alta. Cinco setores foram identificados com média vulnerabilidade social (18%), todos na sede municipal, correspondendo à parte dos bairros de Valadão, Porto São Pedro e Centro. Além disso, quinze setores foram identificados

na classe de baixo IVS (53%), tanto na sede urbana, quanto nos distritos de Diogo Lopes e Barreiras. Por último, na classe de muito baixa vulnerabilidade social, ocorreram sete setores (25%), um no centro e os outros nesses dois distritos. A figura 1 mostra a distribuição do Índice de Vulnerabilidade Social nas áreas de estudo desta pesquisa.

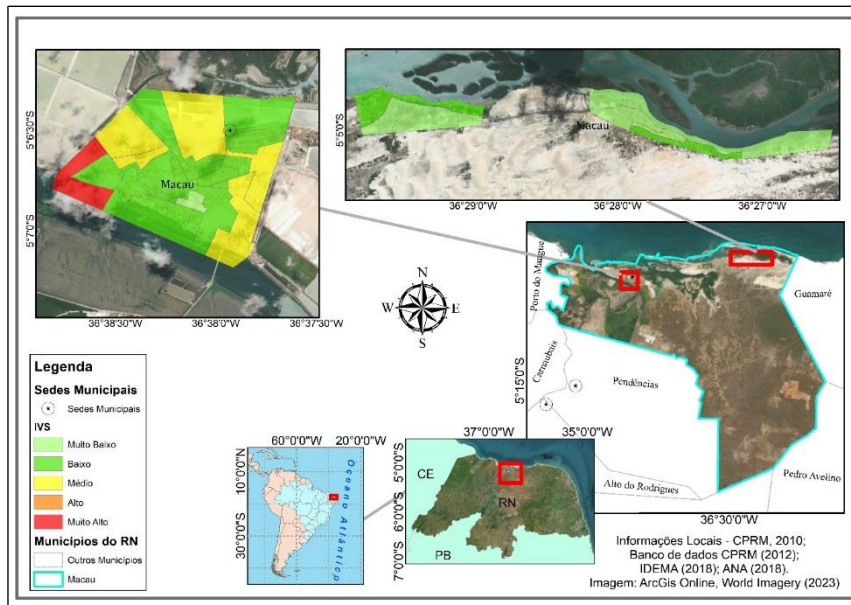


Figura 1 – Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social de Macau - RN.
Fonte: Dados da Pesquisa (2024)

Este resultado foi orientado, principalmente, pela qualidade da infraestrutura urbana das áreas de estudo à época do levantamento do censo demográfico 2010, base de referência desta pesquisa. Neste contexto, os distritos de Diogo Lopes e Barreiras tiveram aparecem como menos vulneráveis dos que a sede municipal, principalmente por causa das variáveis V18; V19; e V20, as quais, no período supracitado, parte da sede urbana ainda não dispunha destes equipamentos de saneamento básico.

A análise espacial do resultado gerado pelo IVFN denota a influência da proximidade dos canais de drenagem e rios adjacentes às áreas de estudo de Macau (Sede municipal, Barreiras e Diogo Lopes), direcionando às áreas classificadas como alta e muito alta vulnerabilidade físico-natural. Além disso, foram identificadas em Diogo Lopes áreas com alta e muito alta vulnerabilidade em encosta íngreme, com grande ocupação de construções predominantemente residenciais. Estas características ratificam a exposição destas áreas ao perigo de desastres materializados por eventos de movimentos de massa e/ou inundação. A figura 2 mostra a distribuição do Índice de Vulnerabilidade Físico-natural nas áreas de estudo desta pesquisa.

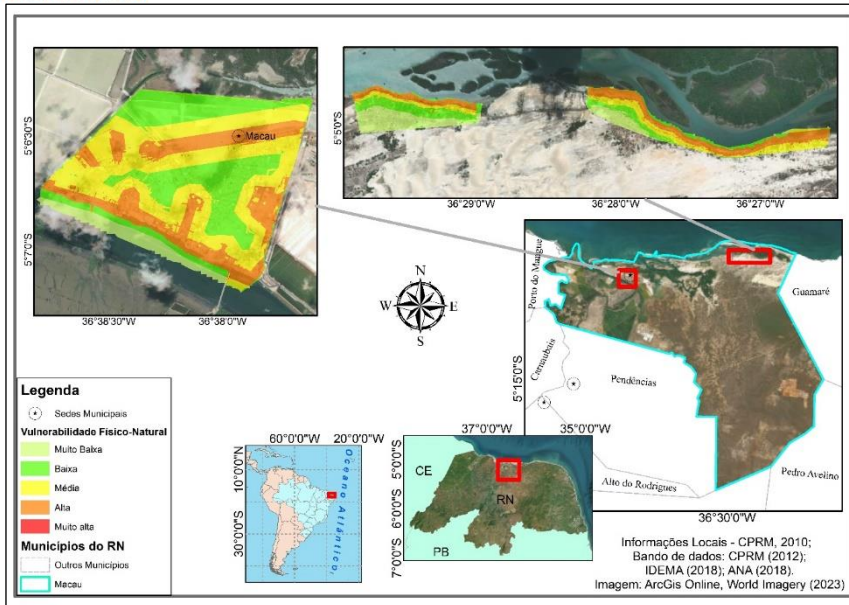


Figura 2 – Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Físico-natural de Macau - RN.

Fonte: Dados da Pesquisa (2024)

A sede municipal de Macau é localizada no delta do rio Piranhas-açu, estando também cercada por canais de drenagem ou tanques utilizados pela produção de sal marinho. Portanto, o sítio mais urbanizado do município está diretamente exposto a eventos de inundação, aumento do nível médio do mar e elevação atípica (ou estocástica) de marés. A figura 3 mostra o resultado da avaliação da vulnerabilidade socioambiental de Macau, aplicado às áreas de estudo desta pesquisa.

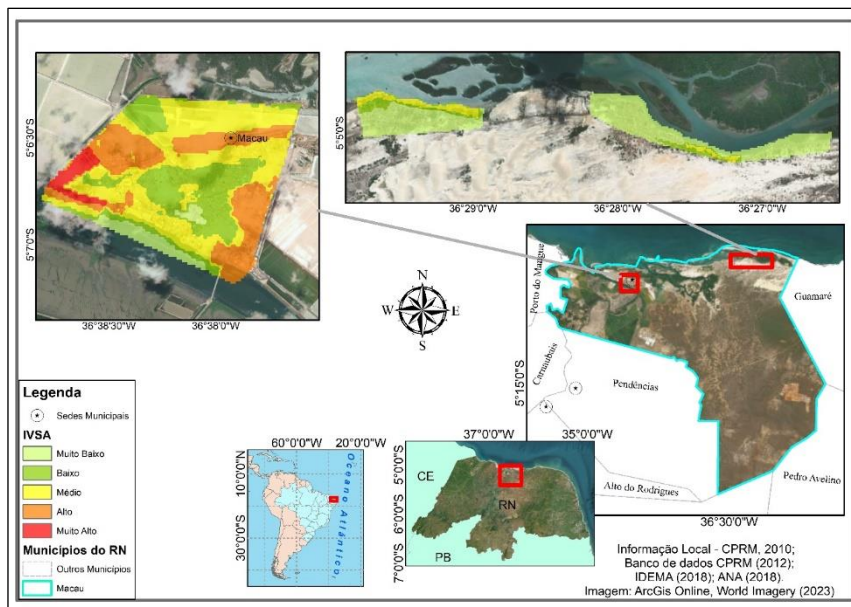


Figura 3 – Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental de Macau - RN.

Fonte: Dados da Pesquisa (2024)

Além disso, a sede municipal é intercotada por canais de drenagem urbana, responsável pelo escoamento pluvial em direção ao rio e salinas. O entorno destes canais foi classificado como alta vulnerabilidade no IVFN, pois estão mais expostos e, portanto, vulneráveis a eventos de inundação, estas áreas são o caminho principal para o “retorno fluvial em casos de uma enchente/inundação” (ARAÚJO, 2020).

Os bairros Navegantes (muito alto IVSa), Valadão e Porto São Pedro (alto IVSa) na sede municipal foram os locais com maiores níveis de vulnerabilidade socioambiental, ou seja, os que demandam maior atenção quanto às medidas mitigadoras do risco de desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste trabalho foi a elaboração de uma metodologia plausível e simplificada sobre a análise de risco socioambiental em escala municipal, para que possa ser usada, não só academicamente, mas pela sociedade civil e/ou entidades governamentais. O índice apresentou uma síntese entre a classificação de vulnerabilidade social (IVS) associada à uma avaliação físico-natural (IVFN). Portanto, o índice resultante (IVSa) mostrou-se uma robusta metodologia para avaliação de vulnerabilidade socioambiental para direcionar políticas públicas, ações institucionais e organização coletiva ligadas aos objetivos de RRD.

Palavras-chave: Vulnerabilidade; Risco, Socioambiental, Macau/RN.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimentos especiais à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PROPI) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), pela vinculação desta pesquisa em nível de doutoramento no quadro de projetos de pesquisa da instituição, através do Edital nº 04/2023 - PROPI/RE/IFRN.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. D. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região metropolitana de Fortaleza, Ceará** (Tese de doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ALMEIDA, L. Q. de; WELLE, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 17. p. 251-272. 2016.

ARAÚJO, P. V. do N. **Geotecnologias de alta precisão no mapeamento de georisco a inundações frente às mudanças climáticas**. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) -

Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

MACEDO, Y. M.; TROLEIS, A. L.; ALMEIDA, L. Q. Risco de Desabastecimento Hídrico na Região Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.06, 3711-3735. 2021.

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/250779/40214>.

MACEDO, Y. M.; TROLEIS, A. L.; FRANÇA, V. V. D. Risco De Desabastecimento Hídrico Na Região Oeste do Rio Grande Do Norte, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 532-550. 2020. <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.1074>.

MACEDO, Y. M. et al. Vulnerabilidade Socioambiental em escala de detalhe: O caso de Mãe Luiza, Natal, RN, Brasil. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 6, n. 2, p. 145-157. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/419>. Acesso em: 10 ago. 2023.

MACEDO, Y. M.; PEDROSA, L. P. D.; ALMEIDA, L. Q. de. Vulnerabilidade Social De Natal, Rn, Brasil: Operacionalização E Mensuração Do Fenômeno No Município. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 1020–1030, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1894>. Acesso em: 5 jul. 2024.

MEDEIROS, M. D.: **Eventos hidroclimáticos extremos e vulnerabilidade socioambiental a inundações no Baixo-Açu - RN**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. 2018. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/35674>.

MEDEIROS, M. D.: **Vulnerabilidade Social e Exposição A Riscos Naturais No Município De Natal, RN**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2014. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/19943>.

Municípios do Estado de São Paulo. Disponível em: www.seade.gov.br/produtos/ipus/pdf/oipvs/pdf Acesso 12/09/2008.

OLIVEIRA, F. L. S. de. **Indicadores De Vulnerabilidade e Risco Local: O Caso Do Município de Pacoti, CE**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. 2018. <https://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=82180>.

PELLING, M. Transformation: A Renewed Window on Development Responsibility for Risk Management. **Journal of Extreme Events**. Vol. 01, n. 01. 2014. <https://doi.org/10.1142/S2345737614020035>.

RAJU, E; BOYD, E.; OTTO, F. Stop blaming the climate for disasters Commun. **Earth Environ**. 2022. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00332-2>.

SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Espaços e Dimensões da pobreza nos**

WELLE, T. BIRKMANN, J.: The World Risk Index – An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale. **Journal of Extreme Events [online]**. Vol. 02, No. 01. 2015. <https://doi.org/10.1142/S2345737615500037>