



Secretaria de Estado de Defesa Civil
Superintendência Operacional
Instituto Científico e Tecnológico de Defesa Civil
Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil



MEDIÇÃO PADRONIZADA DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE DESASTRES REGIONAIS: O ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES (IARD)

Leandro de Souza Camargo¹
Marcelo Vieira²
Marco Antônio Basques Sobrinho³
Rodrigo Werner da Silva⁴
Marcos Paulo Dias da Silva⁵
Sergio Ovidio Wermelinger Goulart⁶

¹ 3º SGT BM – MSc. UFRJ

² Ten Cel BM – PhD, UERJ

³ Ten Cel BM – CFO, ABMDP II

⁴ Ten Cel BM – PhD, IME

⁵ Sub Ten BM – Esp, ANA

⁶ 1º SGT BM – MSc, PUC – RJ



Resumo

Este artigo tem como objetivo a construção de um Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) específico para o Estado do Rio de Janeiro (ERJ), com enfoque nas Regionais de Defesa Civil (REDEC). A ideia buscou responder a seguinte questão: é possível construir um indicador ou um conjunto de indicadores que permitam a apresentação de uma espécie de Sistema de Vigilância e Alerta em Defesa Civil que articule as dimensões sociais, estruturais e financeiras? O IARD é construído a partir da análise ponderada de indicadores que caracterizam a exposição física atrelada às condições de vida da população, à capacidade instalada das agências de Defesas Civas Municipais e às condições orçamentárias e financeiras regionais. Para a mensuração da exposição física atrelada às condições de vida, foi construído o Índice de Condições de Vida (ICVida) com uso de microdados do Censo 2010. Para avaliar a capacidade de resposta das Agências de Defesas Civas Municipais foi desenvolvido o Índice Municipal da Gestão do Risco de Desastres (IMGRiD) elaborado mediante a adaptação do relatório diagnose através da análise de multicritério. Para a mensuração da capacidade de resposta orçamentária municipal foi elaborado o Índice de Condições Orçamentárias e Financeiras (ICOFin) construídos a partir de dados do balanço orçamentário do Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. A combinação hierarquizada e ponderada destes fatores com uso do método AHP possibilitou a elaboração do IARD a partir de três cenários distintos: Maior priorização no ICVida (M1), IMGRiD (M2) e ICOFin (M3). Os decretos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP), entre os anos de 2013 e 2022 por deslizamentos, foram representados em um gráfico de caixas e comparados com os três modelos construídos. No cenário M1 as REDECs Costa Verde e Sul I e II apresentam valores variando entre 0,42 e 0,22, respectivamente nesta ordem. No cenário M2 mantêm-se os máximos para a REDEC Costa Verde e mínimo para REDEC Sul II, correspondente 0,5 e 0,46. No cenário M3, a REDEC Baixada Litorânea obteve uma nota de 0,78 e as REDECs Serrana II e Sul obtiveram notas de 0,08. A menor frequência acumulada dos registros de SE e/ou ECP concentraram-se na REDEC Baixada Litorânea, convergente com o modelo M3, registrando 2 eventos na série histórica adotada. A maior frequência acumulada de registros de SE e/ou ECP concentram-se nas REDECs Sul I e Sul II, convergente com M1 e M2, respectivamente com 34 e 45 ocorrências. Conclui-se que o IARD emerge como uma ferramenta valiosa para identificar áreas prioritárias, fornecendo informações objetivas sobre populações vulneráveis, a capacidade instalada das Agências de Defesa Civil regional e a possibilidade de comprometimento orçamentário regional a serem consideradas nos sistemas de alerta precoce de riscos de desastres.

Palavras-chave: IARD, AHP, Desastres, Defesa Civil

Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil

Rua Elpídio Boamorte, s/nº – Praça da Bandeira – Rio de Janeiro/RJ – Cep: 20270-170

Email: cepedecrj@gmail.com



INTRODUÇÃO

Os desastres, resultado de um fenômeno natural extremo sobre um sistema social (Tominaga et al., 2015), produzem danos e prejuízos que impactam a sociedade, economia e meio ambiente (Serrano-Cinca et al., 2018; Silva et al., 2020), uma vez que causam danos e prejuízos significativos nas populações humanas e nos ecossistemas (IPBES, 2019). Os desastres afetam áreas como a infraestrutura (Melo et al., 2019), a economia (CRED, 2020) e a saúde pública (Who, 2020). De acordo com o Relatório Mundial sobre Redução de Riscos de Desastres de 2021 da Organização das Nações Unidas (ONU), os desastres afetaram em média cerca de 217 milhões de pessoas a cada ano nas últimas duas décadas (ONU, 2021), associado aos processos de urbanização com falta de medidas preventivas adequadas (Birkmann et al., 2020).

No Brasil, desastres têm sido registrados ao longo dos anos, com impactos significativos na sociedade (Silva et al., 2020). Entre os principais desastres destacam-se as inundações, deslizamentos de terra, secas e incêndios florestais (Cunha et al., 2020; Macedo et al., 2021) causando prejuízos à sociedade, afetando a infraestrutura, a economia e a saúde pública (Oliveira et al., 2019) comprometendo a produção agrícola e a disponibilidade de água para consumo humano (Macedo et al., 2021).

No âmbito da formulação e avaliação de políticas e ações de prevenção e mitigação de desastres, desde o pós II Grande Guerra tem se notado a necessidade da construção de indicadores, em especial desde o fim da Década de 1970 aos dias atuais, sejam eles qualitativos ou quantitativos, tem sido adotados para tentar fornecer informações sobre uma determinada dimensão da sociedade (Jannuzzi, 2006). Esses indicadores, ou índices, têm como objetivo medir e avaliar a eficácia dessas políticas e ações, permitindo à sociedade identificar áreas que necessitam de maior investimento em preparação e resposta a desastres (Silva et al., 2020; Oliveira et al., 2019).



Nesse sentido, foram identificados na literatura nacional e internacional índices de gestão do risco de desastres desenvolvidos e adotados, tais como:

- O Índice Global de Risco de Desastres (GRI), que foi criado pela UNISDR (*United Nations Office for Disaster Risk Reduction*) em parceria com o Instituto de Pesquisa sobre Políticas de Desenvolvimento (*Global Facility for Disaster Reduction and Recovery - GFDRR*). O GRI é um índice composto por diversos indicadores, que medem a exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta de um país aos desastres naturais (UNISDR, 2011);
- O Índice de Risco de Desastres Naturais (DRI), desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, UNDP, no contexto do relatório “*Reducing disaster risk: a challenge for development*” (UNDP, 2004). O DRI é um índice que avalia o risco de desastres naturais em países de baixa e média renda, com base em dados sobre a frequência, intensidade e impacto de eventos como terremotos, furacões e inundações (CRED, 2021);
- O Índice de Preparação para Desastres (DPI), por sua vez, foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Esse índice mede a capacidade dos países em preparar-se para e responder a desastres naturais, avaliando fatores como planejamento de emergência, capacidade de resposta do sistema de saúde e mecanismos de alerta precoce (PNUD, 2019);
- O Índice de Risco de Desastres (DRI), desenvolvido pela Universidade das Nações Unidas (UNU/ONU), que avalia a vulnerabilidade de países a desastres naturais e;
- O Índice de Vulnerabilidade a Desastres (DVI), desenvolvido pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), que mede a vulnerabilidade de países a desastres naturais e sua capacidade de resposta (UNU, 2019; CEPAL, 2019).



Esses índices são importantes ferramentas para identificar áreas com maior risco de desastres e direcionar investimentos em prevenção e redução do risco, além de serem utilizados para avaliar a eficácia das políticas e dos programas de gestão de riscos e desastres em todo o mundo e são atualizados periodicamente, para refletir as mudanças nas condições socioeconômicas e ambientais (UNISDR, 2011; PNUD, 2019).

Embora o desenvolvimento e adoção dos índices supracitados como parâmetros na gestão do risco, ainda há a necessidade de aprimorá-los e integrá-los às especificidades regionais e locais para que possam fornecer uma base sólida e precisa da situação das populações afetadas. Dessa forma, a construção de um Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) busca suprir a necessidade de adaptar esses indicadores aos contextos regionais e locais, permitindo uma abordagem direcionada, a fim de lidar com os desafios específicos das micro e macro políticas. Ao adotar uma abordagem objetiva e baseada em dados, que podem vir a se configurar em evidências, será possível tomar medidas adequadas a cada realidade para gerenciar e mitigar os riscos de desastres, protegendo como princípio primeiro a vida, as comunidades e promovendo assim, uma melhor capacidade de resposta local.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresenta o conceito de desastres, risco, risco de desastres, construção de indicadores e o método de análise multicritério AHP a fim de abordar e integrar os diferentes aspectos da gestão do risco de desastres naturais, uma vez que a magnitude dos impactos nas populações humanas e ecossistemas, afeta áreas como a infraestrutura, a economia e a saúde pública.

O CONCEITO DE DESASTRES

Os desastres são eventos imprevisíveis que desafiam a capacidade das instituições sociais de lidar com suas consequências (Wisner et al., 2004), com



o potencial de provocar danos ou prejuízos à vida, à propriedade, ao meio ambiente e às atividades socioeconômicas de uma comunidade (Alexander, 2005).

Os desastres podem ser resultado da interação entre processos naturais e sociais, ou seja, entre as características do ambiente e as vulnerabilidades da sociedade (UNISDR, 2009). Assim, a definição de desastres é multifacetada e envolve uma interação complexa entre fatores naturais e sociais que requerem uma resposta imediata da sociedade.

O CONCEITO DE RISCO

Os conceitos de risco, susceptibilidade, ameaça e exposição são fundamentais para a compreensão dos fenômenos naturais e antrópicos que podem gerar impactos negativos sobre a sociedade.

- **Risco:** O risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e suas consequências que envolve a análise da ameaça, da vulnerabilidade e da exposição (Hervás & Bobrowsky, 2009)
- **Susceptibilidade:** A susceptibilidade refere-se à propensão de uma área ou objeto para sofrer danos quando exposto a um evento perigoso influenciada pelas características físicas e geológicas do local (Hervás & Bobrowsky, 2009)
- **Ameaça:** A ameaça é um processo ou fenômeno natural que pode levar a um evento perigoso e gerar danos e prejuízos, como um deslizamento de terra ou uma inundação, podendo ser quantificada em termos de sua probabilidade de ocorrência e intensidade (PNUD, 2004; CRED, 2009; Hervás & Bobrowsky, 2009; UNISDR, 2009; CEMADEN, 2012; SEDEC, 2014; ONU, 2015; JRC, 2019)
- **Exposição:** A exposição é a presença ou a localização de pessoas, propriedades, infraestruturas ou atividades em áreas que podem ser afetadas por um determinado risco (PNUD, 2004; CRED, 2009; JRC,



2019) influenciada pela distribuição geográfica da população e dos ativos (Hervás & Bobrowsky, 2009).

Deste modo, o conceito de risco engloba a avaliação da probabilidade de eventos adversos e suas consequências, priorizando a compreensão das variáveis ligadas à ameaça, susceptibilidade e exposição. Essa análise subsidia a formulação de estratégias preventivas e de resposta, minimizando danos e preservando recursos vitais diante de situações adversas.

GESTÃO DO RISCO DE DESASTRE

A gestão do risco de desastres é um conjunto de processos sistemáticos que incluem a identificação, a análise e a avaliação dos riscos de desastres sobre um corpo receptor (Jansen et al., 2020) estabelecendo procedimentos e práticas para gerenciar as consequências adversas dos eventos extremos (Rose et al., 2017).

A gestão envolve a colaboração entre diversos atores, incluindo governos, organizações da sociedade civil, empresas e comunidades locais, ademais, envolve a análise de diferentes fatores, como a vulnerabilidade das comunidades, a exposição aos riscos e à capacidade de resposta em caso de desastre (UNISDR, 2015) com objetivo reduzir o impacto dos desastres, protegendo vidas, propriedades e o meio ambiente, além de promover a resiliência das comunidades afetadas (UNISDR, 2015).

CONSTRUÇÃO E ANÁLISE DE INDICADORES

De acordo com Jannuzzi (2006), um indicador pode ser definido como uma medida numérica que representa a combinação de várias variáveis em uma única medida, permitindo a simplificação e resumo de informações complexas. O objetivo do índice é fornecer uma representação clara e fácil de entender de um fenômeno ou sistema em questão, permitindo a avaliação e comparação de diferentes alternativas.

Para a construção de um indicador, Bahia (2021) propõe a adoção de três etapas:

- 1) **Identificação das variáveis relevantes:** representa o fenômeno ou sistema a ser avaliado.
- 2) **Atribuição de pesos às variáveis:** hierarquiza sua importância relativa na medida final.
- 3) **Formulação da função de agregação:** combina as variáveis em um valor único.

Segundo Jannuzzi (2006) um indicador deve contemplar doze propriedades que devem ser avaliadas para garantir a aderência de um indicador. Essas propriedades são:

1. **Precisão e confiabilidade:** Refere-se à medida que o indicador reflete com precisão e confiabilidade o fenômeno ou sistema que se propõe a avaliar. É importante que os dados utilizados para a construção do indicador sejam precisos e confiáveis, e que o próprio indicador seja capaz de medir o que se propõe a medir.
2. **Consistência e coerência:** Refere-se à capacidade do indicador de manter uma relação coerente e consistente com outros indicadores e dados relacionados ao fenômeno ou sistema avaliado. É importante que o indicador seja consistente com outros dados e indicadores disponíveis, evitando discrepâncias ou conflitos.
3. **Significância e relevância:** Refere-se à importância e utilidade do indicador para a tomada de decisão e avaliação de políticas e ações. É importante que o indicador seja significativo e relevante para os tomadores de decisão e para o público em geral.
4. **Simplicidade e clareza:** Refere-se à facilidade de compreensão do indicador por parte dos usuários e do público em geral. É importante que

o indicador seja simples e de fácil interpretação, evitando complexidade excessiva e linguagem técnica desnecessária.

5. **Objetividade e imparcialidade:** Refere-se à capacidade do indicador de ser objetivo e imparcial, sem viés ou distorção dos dados. É importante que o indicador seja construído de forma a evitar preconceitos ou preferências pessoais que possam interferir em sua objetividade.
6. **Sensibilidade:** Refere-se à capacidade do indicador de detectar e refletir as variações do fenômeno ou sistema avaliado. É importante que o indicador seja sensível às mudanças e variações do fenômeno ou sistema, permitindo a identificação de tendências e mudanças significativas.
7. **Estabilidade:** Refere-se à estabilidade e consistência do indicador ao longo do tempo. É importante que o indicador seja estável e não sofra mudanças significativas ao longo do tempo, permitindo a comparação histórica.
8. **Comparabilidade:** Refere-se à capacidade do indicador de ser comparável com outros indicadores semelhantes, permitindo a avaliação comparativa do desempenho do fenômeno ou sistema em relação a outras unidades de análise.
9. **Complementaridade:** Refere-se à capacidade do indicador de ser complementar a outros indicadores e dados disponíveis, permitindo uma visão mais completa e abrangente do fenômeno ou sistema avaliado.
10. **Atualização:** Refere-se à necessidade de atualização regular do indicador para refletir a evolução do fenômeno ou sistema avaliado. É importante que o indicador seja atualizado regularmente para garantir sua relevância e utilidade ao longo do tempo.

11. Desagregabilidade: Refere-se à capacidade do indicador de ser desagregado em diferentes níveis de detalhe, permitindo a análise de diferentes aspectos do fenômeno ou sistema avaliado.

12. Historicidade: Refere-se à capacidade do indicador de ser historicamente comparável, permitindo a análise da evolução do fenômeno ou sistema ao longo do tempo e o acompanhamento do impacto de políticas e ações implementadas

Dessa forma, pode-se concluir que a construção de um índice envolve a seleção de variáveis relevantes, a atribuição de pesos e a formulação da função de agregação, com o objetivo de fornecer uma medida clara e simplificada do fenômeno ou sistema em questão.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A estatística descritiva tem por finalidade organizar, resumir e descrever os aspectos importantes de um conjunto de dados, de forma a obter as informações necessárias para responder as questões que estão sendo estudadas, manifestadas em gráficos, tabelas e medidas de síntese com objetivo de identificar anomalias e dados dispersos (Hair et al., 2009).

No tocante a identificação de observações atípicas (anomalias), utiliza-se o BoxPlot (Gráfico de Caixas - Figura 1) para a representação pictórica dos dados, uma vez que esses dados se encontram acima dos limites superior e inferior. O Boxplot resume cinco medidas de posição de determinada variável. Primeiro, os valores máximos e mínimos da caixa, primeiro quartil (Q1), segundo quartil (Q2) ou mediana e o terceiro quartil (Q3). O primeiro quartil descreve 25% dos primeiros dados (ordenados de forma crescente); o segundo quartil corresponde à mediana (50% dos dados ordenados situam-se abaixo dela e os 50% restantes acima dela) e o terceiro quartil corresponde a 75% das observações. A medida de dispersão proveniente dessas mediadas de

localização é denominada amplitude interquartil (IAQ) e corresponde à diferença entre Q3 e Q1 (Hair et al., 2009, Fávero & Belfiore, 2017).

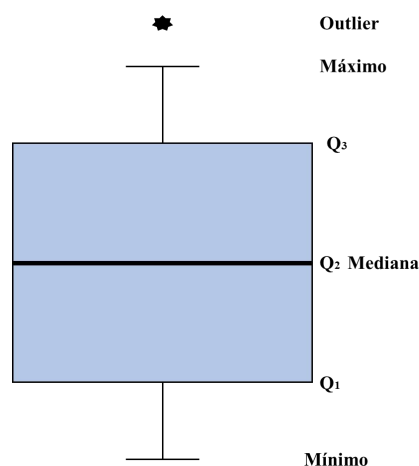


Figura 1 - lustração do gráfico de caixas.

MÉTODO AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) tem por ideia central determinar os critérios e seus pesos a partir das preferências dos decisores, convertendo as preferências, ou julgamentos humanos, em valores numéricos para construir um modelo de tomada de decisão. Os pesos representam a prioridade dada a cada elemento ou critério, que podem ser organizados em hierarquias, dividindo o problema geral em avaliações de menor importância, enquanto mantém, ao mesmo tempo a participação desses problemas menores na decisão global. Ou seja, ao encarar um problema complexo, é mais fácil dividi-lo em outros menores pois, quando solucionados individualmente e depois integrados, representam a decisão do problema inicialmente buscada. Conforme descrito por Saaty (1990) e Costa (2002) a tomada de decisão é norteada por três princípios:

- (i) Construção da hierarquia – partindo-se de um problema conhecido, deve-se estruturá-lo em níveis hierárquicos,

desenvolvendo uma matriz de comparação pareada, de modo a facilitar a sua compreensão e a sua avaliação, explicitando o raciocínio humano. São identificados os elementos-chave para a tomada de decisão e organizados por compatibilidade;

- (ii) Definição das prioridades – o decisor relaciona os objetos às situações identificadas, fazendo comparações pareadas de acordo com os critérios analisados; e
- (iii) Avaliação da consistência – a medida da consistência de um julgamento é avaliada mediante um índice de consistência aleatória que deve ser menor que 0,1.

A importância relativa entre dois condicionantes é medida de acordo com uma escala numérica de 1 a 9 (SAATY, 1990) onde o ponto 1 denota que os dois condicionantes têm igual importância e o ponto 9 indica que um condicionante é muito mais significativo do que o correspondente condicionante de coluna com o qual é comparado. A escala de comparação pode ser exemplificada conforme Tabela 1.

Valores Numéricos	Termos Verbais	Descrição
1	Igual Importância	Duas alternativas contribuem igualmente para o objetivo
3	Moderadamente mais importante	Uma alternativa apresenta leve favorecimento em relação à outra
5	Fortemente mais importante	Uma alternativa apresenta forte favorecimento em relação a outra
7	Muito fortemente mais importante	Uma alternativa apresenta elevado favorecimento em relação à outra e sua dominância é demonstrada na prática
9	Extremamente mais importante	Uma alternativa é favorecida em relação à outra.
2,4,6 e 8	Valores intermediários	Condição intermediária entre duas definições.

Tabela 1 - Escala de julgamento de importância do Método AHP. **Fonte:** Adaptado de Saaty (1990)

Os condicionantes utilizados são organizados no formato matricial, denominada de Matriz de Comparação Pareada, que mede a correlação entre

os fatores elencados. Após a construção da matriz de julgamentos, os elementos são normalizados e extrai-se a média aritmética das linhas, gerando respectivamente a matriz dos pesos calculados (W_i).

A verificação lógica da matriz de pesos calculados, também denominada de autovetor, é ancorada na construção do autovalor máximo (λ_{max}) e no índice de consistência aleatória.

A consistência de uma matriz requer que o λ_{max} seja igual ao número de linhas (ou colunas) da matriz de comparações paritárias n (número que representa a ordem da matriz). Quanto mais próximo λ_{max} for de n , mais consistente será o resultado. O autovalor é calculado por meio da Equação 1.

Equação 1:

$$\frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{Aw_i}{w_i}$$

Onde:

- w_i corresponde aos pesos calculados; e
- Aw_i é a matriz resultante do produto da Matriz de Comparação Pareada pela matriz dos pesos calculados (w_i).

Para avaliação da medida de consistência da decisão, Saaty (1990) propôs o cálculo da Razão de Consistência (RC). A RC descreve a integridade ou qualidade dos julgamentos realizados, sendo obtida pela razão entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice de Consistência Aleatório (CA).

O Índice de Consistência de uma matriz de comparações paritárias indica o afastamento do autovalor de um valor teórico esperado n , e esse desvio é dado pela expressão ($\lambda_{max} - n$). Essa diferença é medida em relação ao número de graus de liberdade da matriz ($n - 1$). O índice de consistência é calculado conforme a Equação 2.

Equação 2:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

O Índice de Consistência aleatória (CA) representa o valor que seria obtido em uma matriz de comparação paritária de ordem n em que não fossem realizados julgamentos lógicos, preenchendo-se os elementos com valores aleatórios. A determinação do CA foi realizada para uma amostra de 500 matrizes recíprocas positivas, de ordem de até 11 por 11, geradas aleatoriamente, encontrando os valores apresentados na Tabela 2.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Tabela 2 - Índice de Consistência Aleatória em função da Matriz 11 por 11. **Fonte:** Adaptado de Saaty (1990)

Para determinação da Razão de Consistência (RC), o índice de consistência (IC) é comparado com o Índice de Consistência Aleatório (CA) visando determinar a qualidade do julgamento realizado. A Razão de Consistência é calculada conforme Equação 3.

Equação 3:

$$RC = \frac{IC}{CA}$$

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Rio de Janeiro (ERJ) possui uma extensão territorial de 43.750.427 km², abrigando uma população de 16.054.524 habitantes e densidade demográfica de 366,96 hab/m² (IBGE, 2022). A região é dividida em onze Regionais de Defesa Civil (REDEC) (Silva et al., 2021), conforme

ilustrado na figura 2, que têm a responsabilidade de monitorar e gerenciar emergências e desastres naturais, tais como terremotos, inundações, incêndios florestais e tempestades severas. Essas estruturas regionais desempenham um importante papel na coordenação das operações de resposta a desastres, mobilizando recursos, realizando evacuações em áreas afetadas, distribuindo suprimentos de emergência, estabelecendo abrigos temporários e prestando assistência humanitária às comunidades afetadas.

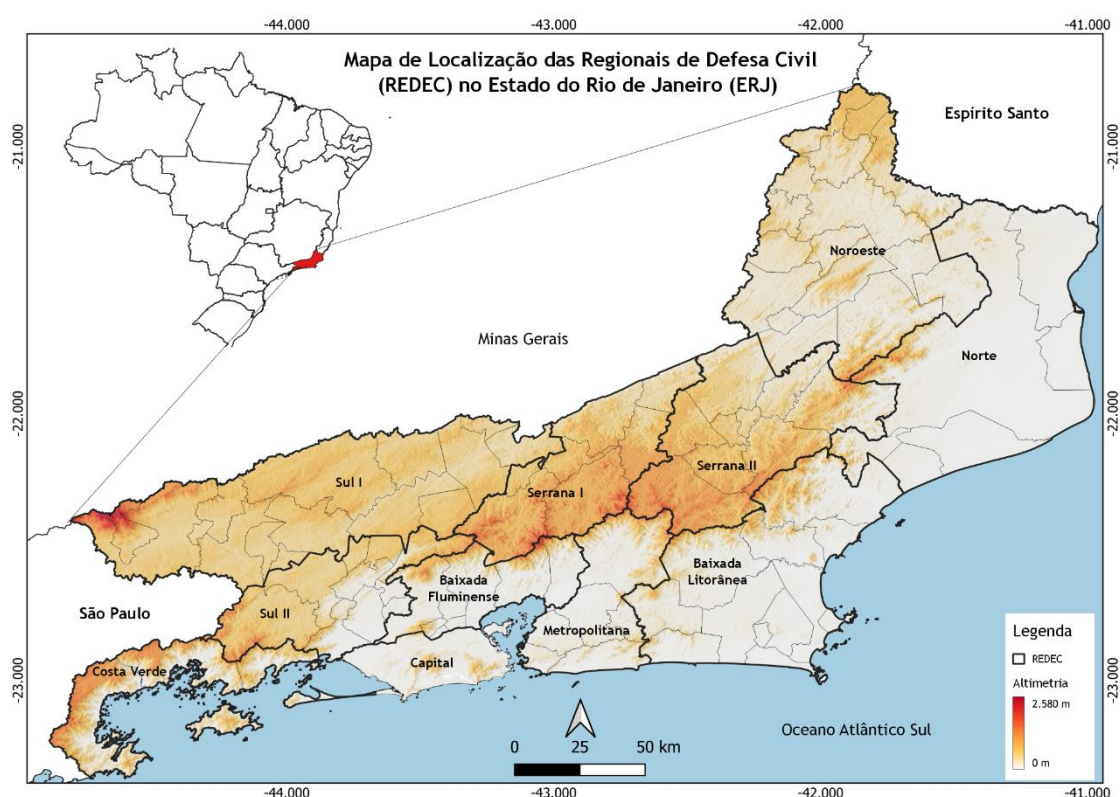


Figura 2 - Localização das REDEC no ERJ. **Fonte:** Autores

Neste sentido, dois sistemas climatológicos são preponderantes e determinantes nos padrões de precipitação no ERJ: O Anticiclone Subtropical do Atlântico (ASAS) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZACAS).

O Sistema de Alta Subtropical (ASAS) exerce uma considerável influência sobre as condições climáticas da região sudeste do Brasil. Estudos anteriores (Reboita et al., 2010; Reboita et al., 2015) destacam sua influência



na distribuição de precipitação, na ocorrência de eventos meteorológicos extremos, na formação de inversões térmicas e na circulação de ventos locais de baixa intensidade, predominantemente nas direções norte e nordeste. Esses efeitos são particularmente perceptíveis no nordeste do estado, conforme observado em fontes prévias (FIDERJ, 1978).

A formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um fenômeno meteorológico que prevalece entre os meses de novembro e março (Kousky, 1988; Kodama 1992a, b, 1993). Este sistema atmosférico exerce uma notável influência nas condições climáticas da região sudeste do Brasil, especialmente no ERJ devido a significativa variabilidade de precipitação devido à complexidade topográfica e à proximidade com a costa de algumas regiões do Estado (Nimer, 1972; Davis & Naghettini, 2000; Dereczynski et al., 2009; Brito et al., 2017; Lima et al., 2021) é um fator determinante na distribuição dos índices pluviométricos médios anuais, com áreas montanhosas apresentando valores mais elevados e regiões baixas e costeiras exibindo índices menores (Silva & Dereczynski, 2014; Sobral et al., 2018). A sazonalidade é marcada por menor precipitação nos meses de junho, julho e agosto, e maior precipitação entre novembro e março, variando conforme a região do estado.

MÉTODO

O Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) foi construído com base em uma combinação de indicadores que abrangem a exposição física e as condições de vida da população, quantificada pelo Índice de Condições de Vida (ICVida), a capacidade instalada das condições das Regiões de Defesa Civil (REDECs), medida pelo Índice Municipal de Gestão dos Riscos de Desastres (IMGRiD), e as condições financeiras e orçamentárias, avaliadas por meio do Índice de Comprometimento Orçamentário e Financeiro (ICOFin). A integração desses indicadores foi realizada utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP), o que permitiu a atribuição de pesos específicos a

cada um deles e resultou na criação de três modelos distintos para análise integrada. A validação dos resultados obtidos foi realizada pela comparação entre os Decretos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) extraídos do Atlas Digital de Desastres do Brasil limitados a eventos de deslizamentos entre 1991 e 2022, como ilustra a figura 3.

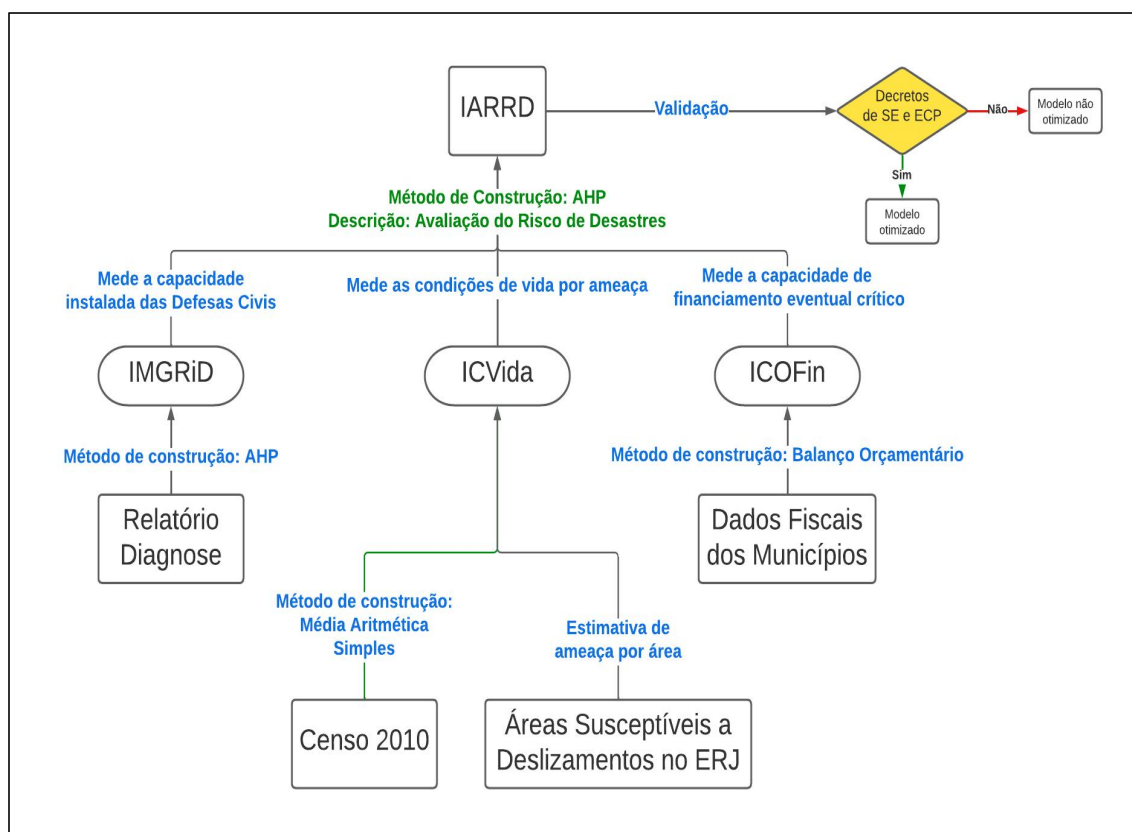


Figura 3 – Fluxograma com a representação metodológica de todas as etapas do estudo.

Fonte: Autores

DECRETOS DE SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA (SE) E ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA (ECP)

Os dados provenientes das fontes SE e ECP, disponibilizados na [nome da fonte], foram estruturados em um formato tabular, focalizando especificamente os eventos relacionados a deslizamentos, identificados pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) código 11321, que delimita exclusivamente as ocorrências como Deslizamentos, definidos como movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de



ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude (CEPED, 2013). As municipalidades que emitiram decretos foram classificadas conforme a respectiva REDEC e o número total de decretos ao longo do período histórico. Em seguida, os resultados obtidos foram visualizados por meio de gráficos de caixa, permitindo a análise da média de ocorrências e a identificação de valores discrepantes (outliers). Essa representação gráfica busca destacar a tendência central e os pontos fora do padrão nas ocorrências observadas.

ÍNDICE DE CONDIÇÕES DE VIDA (ICVIDA)

A partir dos dados do Censo 2010, fonte de dados disponível em sua última versão, foram selecionados os domicílios particulares permanentes definido como aqueles ocupados por famílias ou por pessoas que vivem sozinhas ou em grupos, com laços de parentesco ou não, em residências que são utilizadas como moradia habitual e não como instalações temporárias ou transitórias (IBGE, 2010). Isto posto, foram selecionados os domicílios particulares permanentes extraídos da planilha Entorno 02_UF.xls que possuem: Identificação do logradouro (V270), Iluminação Pública (V282), Pavimentação (V294), Calçada (V306), Meio Fio (V318), Bueiro (V330), Rampa para Cadeirante (V342), Arborização (V354), Rede de Saneamento Básico (V367), Coleta de Lixo (V379) (Glaeser et al., 2008; Filho et al., 2015; Alves et al., 2019). Todas as variáveis selecionadas dizem respeito aos domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal domiciliar acima de 2 salários-mínimos.

Uma vez levantadas as variáveis que compõem o ICVida, foi necessário normalizá-las, a fim de que pudessem ser comparadas entre si. Para isso, cada atributo foi dividido pelo total de domicílios particulares permanentes (V002) localizado na planilha Domicilio01_UF.xls, resultando em valores mínimos iguais a zero e máximos iguais a 1 (Sen, 1999; Easterlin & Birdsall, 2008).



A tabela de atributos resultante da operação foi incorporada a um arquivo shapefile que contém os polígonos dos setores censitários e limitados ao desenho do perímetro urbano, dados estes extraídos do mapa de uso e cobertura do solo no ERJ disponibilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2015) no ano de 2015. Para a realização dessa operação, utilizou-se o software de geoprocessamento Quantum GIS, versão 3.24.1, no âmbito dos Sistemas de Informações Geográficas, empregando o DATUM SIRGAS 2000 e o sistema de projeção cartográfica Cônica de Albers. Posteriormente, procedeu-se à obtenção dos polígonos que representam a susceptibilidade a deslizamentos classificados nas categorias média, alta e muito alta, conforme definido pela Secretaria de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (SEDEC) em 2022, delimitando o resultado do ICVida, as áreas de susceptibilidade a deslizamentos. Cada polígono teve sua área expressa em quilômetros quadrados (Km²), sendo calculada a área total ocupada pela REDEC por meio do somatório das áreas individuais. Os valores resultantes foram normalizados utilizando o método de mínimos e máximos, onde as maiores áreas suscetíveis a deslizamentos por REDEC obtiveram os menores valores, e as menores áreas receberam os maiores valores correspondentes.

A representação regional do ICVida por REDEC foi determinada pelo cálculo da mediana dos valores obtidos. Conforme indicado por Cao & Sanz (2010), a mediana, sendo uma medida estatística, reflete de maneira mais precisa a tendência central dos dados, sendo menos suscetível à influência de valores discrepantes. Após esse procedimento, os valores de ICVida organizados por REDECs foram multiplicados pela área normalizada, resultando em valores proporcionais à extensão territorial da ameaça.

Os dados foram organizados conforme a seguinte separação: 0,0 até 0,2 foram classificados como ICVida muito baixo; de 0,2 até 0,4 como Baixo; de 0,4 até 0,6 como Médio; de 0,6 até 0,8 como Alto; e de 0,8 até 1,0 como Muito Alto e representados espacialmente em mapas digitais.



ÍNDICE MUNICIPAL DE GESTÃO DOS RISCOS DE DESASTRES (IMGRID)

A verificação da capacidade instalada foi conduzida por profissionais especializados em análise de riscos e desastres naturais da Secretaria de Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro (SEDEC). Para assegurar qualidade e efetividade, adotou-se uma abordagem interdisciplinar, conforme preconizado por Marchezini (2021) e SuOP (2023), com o propósito de avaliar a capacidade das agências de Defesa Civil municipais em resistir, absorver e se recuperar dos impactos de eventos adversos, seguindo as diretrizes de Cutter et al. (2003) e Borden et al. (2007). Esse processo envolveu a elaboração de um relatório de diagnose no ano de 2022, no qual foi desenvolvido um questionário composto por perguntas objetivas, respondido pelos gestores municipais após a assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido. Esse termo assegurou que informações específicas identificadoras de cada localidade ou suas autoridades não seriam divulgadas, mantendo as informações originais registradas e armazenadas exclusivamente para uso interno da SEDEC. Importante destacar que o município do Rio de Janeiro foi excluído dessa análise devido à disponibilidade excepcional de recursos. A coleta de dados foi conduzida por entrevistadores devidamente treinados pela Escola de Defesa Civil (ESDEC) do Estado do Rio de Janeiro, garantindo a padronização do processo de entrevista e a integridade dos dados coletados. Esse enfoque profissional e metodológico assegurou uma avaliação abrangente e confiável da capacidade instalada das agências de Defesa Civil municipais frente aos desafios apresentados por eventos adversos.

O relatório original foi transformado em um questionário compatível para aplicação do método AHP (Sousa et al., 2017), e distribuído para 12 profissionais da SEDEC. O questionário organizado em 17 grupos temáticos, totalizando 83 perguntas conforme descrição abaixo:

- C1: Capacidade de Apoio com Viaturas em Situações de Risco e Desastre (7 perguntas);

Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil

Rua Elpídio Boamorte, s/nº – Praça da Bandeira – Rio de Janeiro/RJ – Cep: 20270-170

Email: cepedecrj@gmail.com



- C2: Condição Física da Infraestrutura Relacionada à Gestão do Risco de Desastre (11 perguntas);
- C3: Estrutura Organizada para Resposta Social em Emergências (5 perguntas);
- C4: Legislação Municipal para Redução de Riscos de Desastres Naturais (5 perguntas);
- C5: Atuação e Presença dos Agentes da Defesa Civil Municipal (5 perguntas);
- C6: Alocação de Recursos Financeiros para a Gestão do Risco de Desastre (7 perguntas);
- C7: Estrutura Organizacional da Defesa Civil Municipal: Importância e Integração Governamental (5 perguntas);
- C8: Participação e Contribuição dos Voluntários em Situações de Risco e Desastre (3 perguntas);
- C9: Capacidade de Emissão de Alertas e Comunicação em Situações de Risco (6 perguntas);
- C10: Definição e Clareza das Responsabilidades das Entidades na Gestão do Risco de Desastre (1 pergunta);
- C11: Realização de Simulados e Exercícios para Treinamento e Preparação da Defesa Civil Municipal (3 perguntas);
- C12: Elaboração e Qualidade do Plano de Contingências para Riscos e Desastres (5 perguntas);
- C13: Existência e Efetividade do Plano de Comunicações em Situações de Risco e Desastre (6 perguntas);



- C14: Registros e Documentação de Ocorrências Relacionadas a Eventos Adversos (3 perguntas);
- C15: Estabelecimento de uma Rede Observacional para Monitoramento de Riscos e Desastres (2 perguntas);
- C16: Identificação e Mapeamento das Áreas de Risco no Município (3 perguntas);
- C17: Presença e Atuação de uma Equipe Técnica Especializada em Riscos e Desastres do Município (6 perguntas).

Os grupos temáticos foram estruturados hierarquicamente como critérios e alternativas, com matrizes de comparação construídas para cada par de critérios e alternativas, cuja aplicação inclui os seguintes passos: organização das condições em um formato de matriz (matriz de comparação pareada); verificação lógica da matriz de pesos calculada (autovetor); consistência da matriz; razão de consistência (RC), que avalia a medida da consistência da decisão e descreve a integridade ou qualidade dos julgamentos. Ela é obtida pela razão entre o índice de consistência (IC), que indica a divergência do valor próprio de um valor teórico esperado n , e o índice de consistência aleatória (RC), que representa o valor a ser obtido em uma matriz de comparação de ordem n . Para a determinação do RC, o IC foi comparado com o RC, e a avaliação da qualidade do julgamento foi realizada. O questionário com maior consistência lógica foi selecionado para estabelecer os pesos atribuídos a cada critério ou alternativa, usando o processo do autovetor de Saaty.

A representação do IMGRiD correspondente a cada REDEC foi estabelecida pelo cálculo da mediana dos valores encontrados. Os resultados obtidos foram categorizados em cinco classes igualmente distribuídas: Muito baixo (0,0 até 0,2); Baixo (0,2 até 0,4); Médio (0,4 até 0,6); Alto (0,6 até 0,8) e Muito Alto (0,8 até 1,0).



ÍNDICE DE COMPROMETIMENTO ORÇAMENTÁRIO E FINANCEIRO (ICOFIn)

O Índice de Comprometimento Orçamentário e Financeiro (ICOFIn) foi construído seguindo um processo de coleta, correção e análise dos dados fiscais dos municípios do Estado do Rio de Janeiro (ERJ). Os dados financeiros e contábeis necessários para essa construção são enviados pelos gestores municipais ao Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ) para fins de fiscalização da gestão pública e garantia de transparência na utilização dos recursos públicos, com exceção do município do Rio de Janeiro, uma vez que a auditoria das contas é realizada pelo tribunal de contas municipal.

O processo de construção do ICOFin pode ser dividido em sete etapas:

- **Coleta de Dados:** Inicialmente, foram coletados os dados do Balanço Orçamentário dos municípios, abrangendo o período de 2016 a 2021. Esses dados foram obtidos para estabelecer a base necessária para a análise.
- **Correção de Valores:** Para garantir a comparabilidade dos dados ao longo do tempo, os valores foram corrigidos para o ano-base de 2021. Essa correção foi realizada aplicando o Índice Geral de Preços - Mercado (IGP-M).
- **Organização dos Dados:** Os resultados foram organizados em um formato tabular, permitindo uma visão estruturada dos indicadores financeiros de cada município.
- **Agrupamento por REDECs:** Os municípios foram posteriormente agrupados em função de suas respectivas Regiões de Defesa Civil (REDECs). Isso permitiu uma análise mais específica e geograficamente contextualizada das condições financeiras.

- **Cálculo da Mediana:** Com os dados organizados por REDECs, a mediana foi calculada. A mediana é uma medida de tendência central que fornece um valor representativo para cada REDEC, ajudando a resumir a situação financeira.
- **Normalização de Dados:** Para assegurar a comparabilidade dos valores e mitigar quaisquer desafios decorrentes das disparidades de escala entre os números, procedeu-se à normalização dos dados (Referências). Este processo envolveu a aplicação do método de mínimo e máximo, que transformou os valores em uma escala específica variando de 0 a 1. Nesse contexto, o valor zero foi associado à REDEC com a condição fiscal mais desfavorável, enquanto o valor 1 correspondeu à REDEC com a condição fiscal mais favorável.
- **Categorização dos Resultados:** Os valores normalizados foram categorizados em cinco classes igualmente distribuídas: Muito baixo (0,0 até 0,2); Baixo (0,2 até 0,4); Médio (0,4 até 0,6); Alto (0,6 até 0,8) e Muito Alto (0,8 até 1,0). Essas categorias permitem uma interpretação mais clara das condições financeiras dos municípios em relação aos seus pares na mesma REDEC.

O ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO RISCO DE DESASTRES (IARD)

O Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) foi construído mediante a aplicação da análise de multicritério para hierarquização e ponderação dos indicadores ICVida, IMGRiD e ICOFin, empregando o método AHP.

Para a construção do IARD, foram desenvolvidos três modelos de hierarquia distintos, denominados M1, M2 e M3, cada um deles com uma abordagem específica na atribuição de pesos aos indicadores. No Modelo 1 (M1), priorizou-se o ICVida, atribuindo-lhe o maior peso ponderado, seguido pelo IMGRiD e, por último, o ICOFin. No Modelo 2 (M2), a ordem de prioridade



foi IMGRiD, ICVida e ICOFin. Já no Modelo 3 (M3), o ICOFin recebeu o maior peso, seguido pelo ICVida e, por fim, o IMGRiD.

Após a aplicação do método AHP, resultando na atribuição de pesos aos indicadores de acordo com cada modelo de hierarquia, os valores resultantes foram categorizados em cinco faixas igualmente distribuídas: Muito baixo (0,0 até 0,2); Baixo (0,2 até 0,4); Médio (0,4 até 0,6); Alto (0,6 até 0,8) e Muito Alto (0,8 até 1,0). Essas categorias proporcionam uma interpretação clara dos níveis de avaliação regional do risco de desastres, permitindo uma análise abrangente e eficaz das condições em diferentes regiões.

RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir da construção do Índice de Condições de Vida (ICVida), o Índice Municipal de Gestão dos Riscos de Desastres (IMGRiD) e o Índice de Condições Orçamentárias e Financeiras (ICOFin) nas Regiões de Defesa Civil (REDECs). Os resultados do ICVida e do ICOFin são apresentados com uso da estatística descritiva, organizada em tabelas, e mapas separadas por REDECs. Os resultados da análise da matriz de decisão, do cálculo do autovalor e da razão de consistência, foram organizados em tabelas para explicitar o IMGRiD e o Índice de Avaliação Regional do Risco de Desastres (IARRD), além da representação espacial em mapas digitais. A integração desses indicadores no IARRD resultou na criação de três modelos distintos e sua validação foi realizada por meio da comparação com decretos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP).

DECRETOS DE SE e ECP

Os valores mais expressivos em termos de decretos absolutos relacionados a SE ou ECP, ao comparar entre as diferentes REDEC, estão registrados na REDEC Metropolitana, com 12 decretos. Logo em seguida, tanto a REDEC Sul I quanto a Sul II também se destacam, cada uma com 10

eventos registrados. É importante ressaltar que, enquanto a mediana da REDEC Metropolitana permanece nulo, a mediana das REDEC Sul I e Sul II é de 2.

A mediana da REDEC Noroeste é semelhante à das REDEC Sul I e Sul II, fixada em 2, porém não apresenta valores discrepantes (outliers). Por outro lado, a REDEC Serrana I exibe uma mediana de 1, mantendo um padrão sem a presença de valores atípicos. Ambas concentram seus valores máximos em 4 registros, enquanto o mínimo é nulo.

Destaca-se que a REDEC Norte conta apenas com um registro de SE ou ECP em sua série histórica, fazendo dela a REDEC com o menor número de decretos referentes a deslizamentos. A figura 4 ilustra os resultados obtidos.

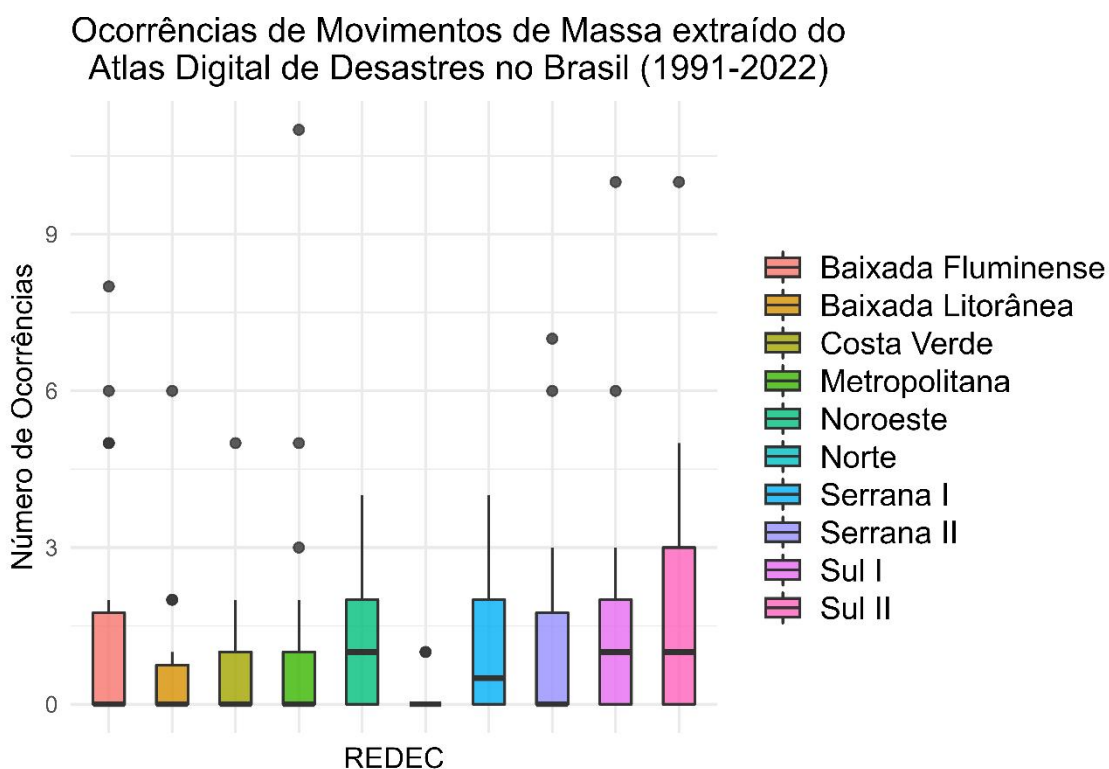


Figura 4 - Distribuição Anual em BoxPlot dos registros de SE e ECP por Deslizamentos entre os anos de 1991 - 2022. **Fonte:** Adaptação dos autores do Atlas Digital de Desastres no Brasil

ÍNDICE DE CONDIÇÕES DE VIDA (ICVIDA)

A análise descritiva aplicada a 5788 polígonos limitados as áreas de susceptibilidade a deslizamentos no ERJ demonstra alta variação entre os valores da média (0,12) e mediana (0,07). O valor de maior frequência do ICVida foi de 0,05 com valores mínimos de 0 e máximos de 1, para um desvio padrão de 0,13 e coeficiente de assimetria de 2,21.

As REDECs Costa Verde (4,12 Km²) e Sul I (65,37 Km²) possuem respectivamente os menores e maiores valores de setores censitários conjugado a áreas de deslizamentos, assim como os maiores e menores valores de ICVida, na ordem de 0,26 e 0,00. Os resultados estão resumidos na Tabela 1 e representados espacialmente na Figura 5.

REDECs	Área (Km ²)	Área (Km ²) normalizado	Mediana do ICVida	ICVida
Baixada Fluminense	36,27	0,48	0,22	0,10
Baixada Litorânea	24,13	0,67	0,22	0,15
Costa Verde	4,12	1,00	0,26	0,26
Metropolitana	50,88	0,24	0,21	0,05
Noroeste	9,86	0,91	0,24	0,22
Norte	5,32	0,98	0,16	0,16
Serrana I	27,46	0,62	0,23	0,14
Serrana II	11,41	0,88	0,26	0,23
Sul I	65,37	0,00	0,26	0,00
Sul II	14,46	0,83	0,20	0,16

Tabela 3 – Valores do ICVida organizados por REDECs. **Fonte:** Autores

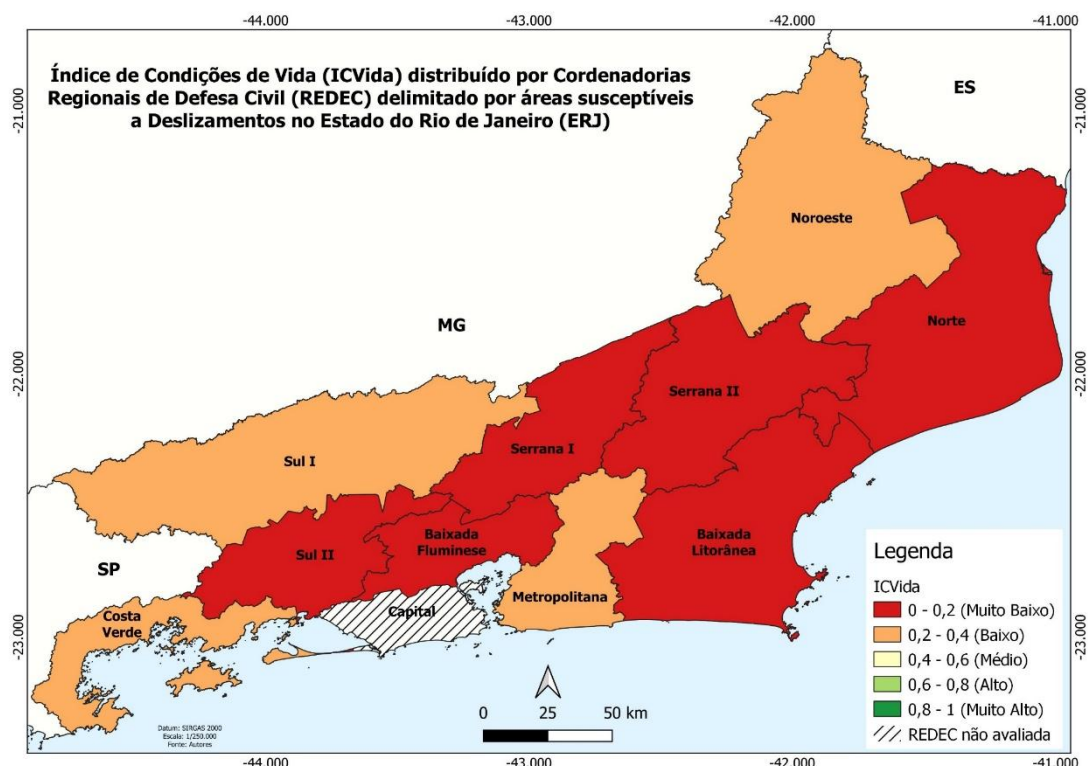


Figura 5 - Índice de Condições de Vida limitado a áreas susceptíveis a deslizamentos e representado por REDEC. **Fonte:** Autores

ÍNDICE MUNICIPAL DE GESTÃO DOS RISCOS DE DESASTRES (IMGRID)

Os resultados obtidos mediante a construção da matriz de decisão são apresentados na figura 5 no qual cada célula representa o valor de preferência atribuído a cada par de critérios. Os dados referentes ao autovalor (λ_{max}); índice de consistência (CI) e taxa de consistência (RC) dos julgamentos são respectivamente: $\lambda_{max} = 18,28$; $CI = 0,08$; $RC = 0,049 \leq 0,10$ (consistente). Conforme está demonstrado na Figura 6, a alternativa que possui maior peso relativo foi a C6 (13%), seguida por C4 (9%) e C3 (8%). As alternativas C2, C7, C11 e C17 obtiveram peso relativo de 6%. As alternativas C1, C10, C12, C13, C14, C15 e C16 obtiveram peso relativo de 5%. As alternativas C5 e C9 obtiveram peso relativo de 4% e pôr fim a alternativa C8 obteve peso relativo de 3%.

Matriz de Decisão do IMGRiD																		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	Peso
C1	1	1	1	1	1	1/3	1/2	1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	0,05
C2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1/2	1	1	1/3	2	1	1	2	3	3	1	0,06
C3	1	2	1	1/3	3	1/3	2	3	4	1	4	1	1	2	2	2	2	0,08
C4	1	2	3	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	0,09
C5	1	1	1/3	1/2	1	1/3	2	1	1	1/2	1	1/2	1	2	2	2	1	0,04
C6	3	3	3	1	3	1	5	3	2	1	5	1	2	6	3	5	3	0,13
C7	2	2	1/2	1	1/2	1/5	1	1	1/2	1/2	1	1	1	2	2	2	1	0,06
C8	1	1	1/3	1/2	1	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,03
C9	1	1	1/4	1/2	1	1/2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,04
C10	1/3	3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,05
C11	1	1/2	1/4	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	0,06
C12	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	0,05
C13	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	0,05
C14	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/6	1/2	1	1	1	1	1/3	1/3	1	1	1	1/2	0,05
C15	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2	0,05
C16	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/5	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	0,05
C17	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1	1	1	2	1	1	2	2	3	1	0,06
λ_{max}	18,28																	
IC	0,08																	
RC	0,049																	

Figura 6 - Matriz de Decisão Pareada utilizada na construção do IMGRiD. **Fonte:** Autores

A análise descritiva dos municípios revelou uma média de 0,46 e uma mediana de 0,45 no IMGRiD, indicando uma distribuição aproximadamente simétrica e ausência de valores extremos que afetem a média. A variância foi de 0,02, com um desvio padrão de 0,153. Dos 91 municípios avaliados, 43 obtiveram classificação média no IMGRiD.

As REDECs Sul II e Costa Verde apresentaram os menores e maiores valores no IMGRiD, com pontuações de 0,34 e 0,64, respectivamente. Esses resultados estão resumidos na Tabela 4.

REDECs	IMGRiD
Baixada Fluminense	0,55
Baixada Litorânea	0,45
Costa Verde	0,64
Metropolitana	0,63
Noroeste	0,45
Norte	0,47
Serrana I	0,5
Serrana II	0,46

Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil

Rua Elpídio Boamorte, s/nº – Praça da Bandeira – Rio de Janeiro/RJ – Cep: 20270-170

Email: cepedecrj@gmail.com

Sul I	0,37
Sul II	0,34

Tabela 4 - Valores do IMGRiD organizados por REDEC. **Fonte:** Autores

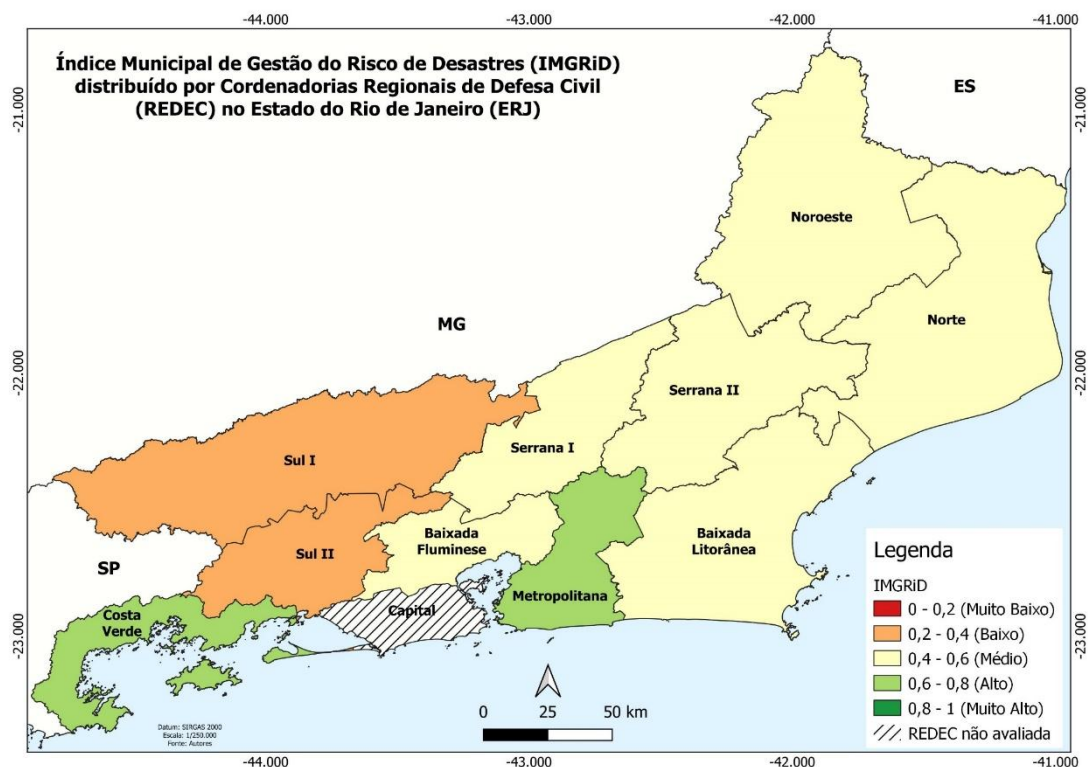


Figura 7 – Índice Municipal de Gestão do Risco de Desastres distribuídos por REDEC. **Fonte:** Autores

ÍNDICE DE COMPROMETIMENTO ORÇAMENTÁRIO E FINANCEIRO (ICOFIN)

A análise descritiva aplicada a série temporal proposta foi realizada em 546 dados de Balanços Orçamentários municipais resultando em valores de média e mediana na ordem de $4,9 \times 10^7$ e $1,21 \times 10^7$. O valor de maior frequência foi de $-7,92 \times 10^5$ e os valores de mínimo e máximo foram de $-3,28 \times 10^8$ e $1,32 \times 10^9$ respectivamente nesta ordem, para um desvio padrão de $1,39 \times 10^8$ e coeficiente de assimetria de 5,13.

A REDEC Serrana II obteve valor nulo e a REDEC Baixada Litorânea obteve o máximo valor igual a 1, conforme Tabela 5.

REDECs	Mediana	ICOFin
Baixada Fluminense	11895586	0,63
Baixada Litorânea	12428464	1,00
Costa Verde	11421970	0,29
Metropolitana	11604072	0,42
Noroeste	11855150	0,60
Norte	11713485	0,50
Serrana I	12119649	0,78
Serrana II	11001765	0,00
Sul I	11904109	0,63
Sul II	11053088	0,04

Tabela 5 - Valores do ICOFin organizadas por REDEC. **Fonte:** Autores

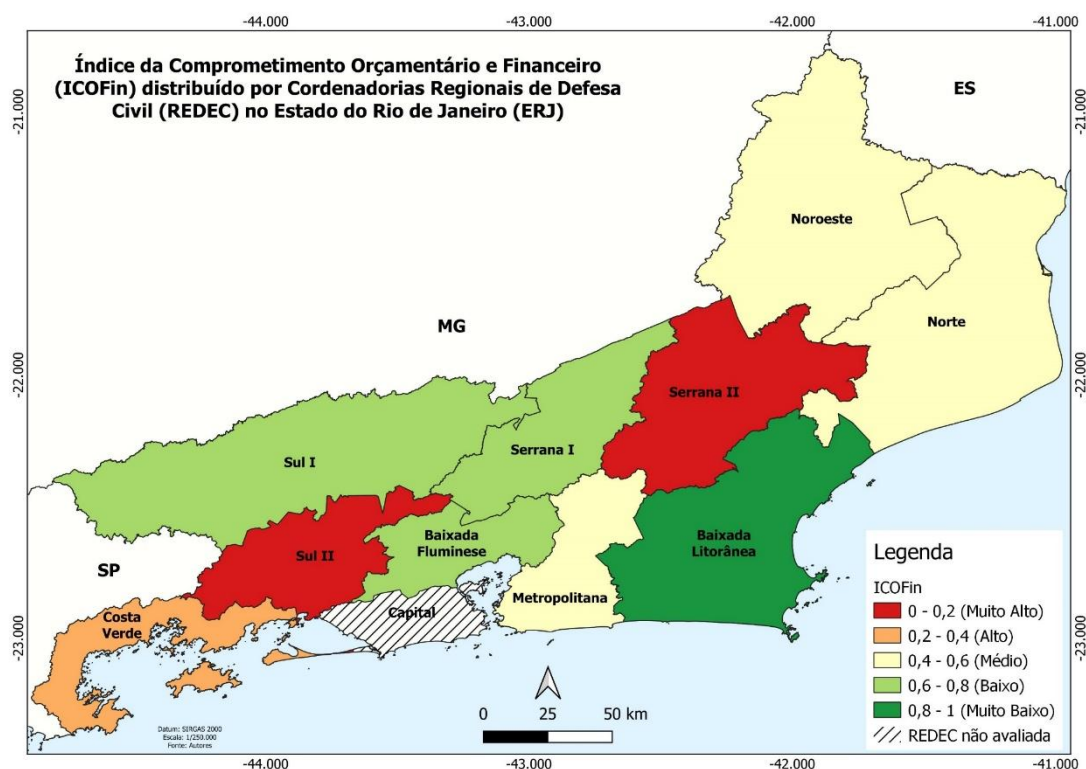


Figura 8 - Índice de Comprometimento Orçamentário e Financeiro distribuído por REDEC. **Fonte:** Autores

ÍNDICE DE AVALIAÇÃO REGIONAL DO RISCO DE DESASTRES (IARD)

Os resultados dos modelos, nomeadamente o Modelo 1 (M1), Modelo 2 (M2), e Modelo 3 (M3), apresentaram os índices de consistência adequados,

com valores de $\lambda_{\max}$ de 3,004, 3,054 e 3,004, respectivamente, acompanhado de índices de consistência (CI) de 0,08 em todos os casos. Além disso, os valores das taxas de consistência (RC) foram inferiores a 0,10, indicando uma consistência aceitável. Um resumo dos resultados é fornecido no Tabela 5.

Matriz de decisão (M1)					Matriz de decisão (M2)					Matriz de decisão (M3)				
	ICVida	IMGRiD	ICOFin	Peso		IMGRiD	ICVida	ICOFin	Peso		ICOFin	ICVida	IMGRiD	Peso
ICVida	1	1	5	0,48	IMGRiD	1	1	5	0,63	ICOFin	1	1	5	0,72
IMGRiD	1	1	3	0,41	ICVida	1/3	1	3	0,26	ICVida	1/3	1	3	0,19
ICOFin	1/5	1/3	1	0,11	ICOFin	1/5	1/3	1	0,11	IMGRiD	1/5	1/3	1	0,08
$\lambda_{\max}$	3,03				$\lambda_{\max}$	3,04				$\lambda_{\max}$	3,07			
IC	0,02				IC	0,02				IC	0,03			
RC	3%				RC	3%				RC	6%			

Tabela 6 – Modelos gerados mediante aplicações do método AHP e ponderação dos índices construídos. Fonte: Autores

No contexto do M1, a alternativa ICVida se destaca com o maior peso relativo, representando 48% do total, seguida por IMGRiD (41%) e ICOFin (11%). No M2, a alternativa IMGRiD se destaca com o maior peso relativo, correspondendo a 63% do total, seguida por ICVida (26%) e ICOFin (11%). No M3, a alternativa ICOFin se destaca com o maior peso relativo, abrangendo 72% do total, seguida por ICVida (19%) e IMGRiD (8%).

A combinação ponderada dos modelos pode ser expressa como segue:

- IAARD (M1) = 0,48 ICVida + 0,41 IMGRiD + 0,11 ICOFin
- IAARD (M2) = 0,63 IMGRiD + 0,26 ICVida + 0,11 ICOFin
- IAARD (M3) = 0,72 ICOFin + 0,19 ICVida + 0,08 IMGRiD

Índice de Avaliação do Risco de Desastres (IARD) distribuído por Cordenadorias Regionais de Defesa Civil (REDEC) no Estado do Rio de Janeiro (ERJ)

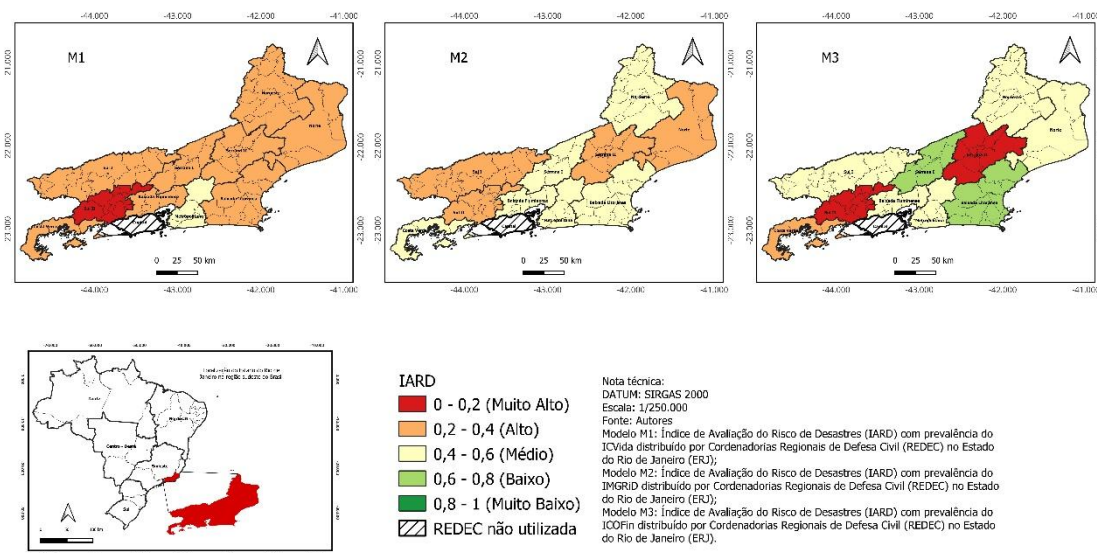


Figura 9 - Índice de Avaliação do Risco de Desastres representado em três modelos preditivos e organizados por REDEC. **Fonte:** Autores

DISCUSSÃO

A adoção do método AHP para construção do IMGRiD e do IARD como um modelo indicador para subsidiar a gestão do risco de desastres a nível regional passa a definir critérios para avaliação de indicadores qualitativos, reduzindo a subjetividade das opiniões, mediante uma estrutura analítica que permite aos tomadores de decisão considerar diferentes perspectivas e critérios objetivos, sem desprezar a subjetividade como parte intrínseca dos problemas de decisão (Nappi, 2016). Dessa forma, o IMGRiD e o IARD se tornam um instrumento de tomada de decisão, planejamento de ações e alocações de recursos passível de ser utilizado na gestão do risco de desastres (Castro, 2020).

Nesta direção, a aplicação do método AHP define critérios que promovem confiabilidade, objetividade, simplicidade, sensibilidade e facilidade de interpretação dos indicadores. Isso é alcançado por meio da seleção de



fontes confiáveis de dados, utilização de metodologias robustas, estrutura analítica para considerar diferentes perspectivas, apresentação clara e acessível dos resultados. Destaca-se ainda sua dimensão histórica, permitindo a avaliação do progresso das defesas civis municipais ao longo do tempo (Jannuzzi, 2006). Ao monitorar e comparar os resultados, é possível identificar tendências, desafios e avanços na gestão do risco de desastres, subsidiando a implementação de ações de melhoria contínua.

A frequência da assimetria positiva à direita na comparação do valor do IMGRiD entre as REDECs indica uma dispersão e afastamento dos maiores valores em relação à média local. Isso significa que há prevalência de municípios com valores inferiores à média local (Fávero & Belfiore, 2017). Essa discrepância é evidenciada pelo intervalo entre os valores máximos e mínimos (Tabela 4), o que mostra que os municípios pertencentes à mesma REDEC têm capacidades distintas de gestão de riscos de desastres. Neste sentido, segundo os dados fornecidos pelo relatório diagnose, a limitação de recursos físicos, materiais e técnicos, além da ausência de legislação específica destinada as ações de defesa civil podem limitar a capacidade de resposta em emergências (Papathoma-Köhle et al., 2021). A limitação de recursos físicos, materiais e técnicos refere-se à escassez de equipamentos, suprimentos, infraestrutura e habilidades técnicas necessárias para apoiar as operações de resposta em emergências. Isso pode incluir a falta de viaturas adequadas, equipamentos de comunicação, instalações de armazenamento, abrigos, ferramentas especializadas e pessoal treinado. Essas limitações podem afetar diretamente a capacidade das equipes de resposta em fornecer assistência adequada e oportuna às vítimas, bem como coordenar efetivamente as operações de resposta (Baker & Refsgraad, 2007; Chatiza, 2019)

A ausência de uma legislação que defina responsabilidades, a alocação de recursos, a coordenação entre diferentes agências e organizações, a autoridade para tomar decisões rápidas e eficazes, entre outros aspectos



relevantes pode criar lacunas e desafios adicionais na resposta a emergências (Coutinho et al., 2020). Neste sentido, legislações e um arranjo institucional de regulação de políticas públicas voltadas à gestão de riscos e desastres e à proteção dos direitos humanos em situações emergenciais que contemplem os princípios e mecanismos de participação social em todas as etapas do ciclo de gestão desses eventos, a fim de reduzir os riscos e mitigar os impactos e danos humanos, ambientais e materiais deles decorrentes, devem ser adotados a fim de fortalecer a gestão local (Freitas, 2014).

Além das políticas públicas de redução do risco de desastres, a ocorrência, frequência e intensidade dos eventos adversos estão intrinsecamente ligadas a uma combinação de fatores naturais e humanos (Mattedi & Butzke, 2001). Enquanto os fatores naturais, como fenômenos climáticos e geológicos, desencadeiam esses eventos (Dourado et al., 2012; Modesto et al., 2022), os fatores humanos, como desmatamento, urbanização desordenada e degradação ambiental, têm o potencial de agravar os impactos (Chaves & Andrade, 2017; Nascimento, 2020).

A diversidade topográfica do ERJ exerce influência na distribuição dos recursos hídricos, na formação de microclimas, na configuração da vegetação e na ocupação do território. Consequentemente, esses fatores interagem e desempenham um papel fundamental nos eventos climáticos da região. Durante o verão, especialmente no Sudoeste do Brasil (Barcellos & Quadro, 2019; Coelho & Nunes, 2020), os principais agentes causadores de chuva no ERJ são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Coelho & Nunes, 2020), Sistemas Frontais (Dereczynski et al., 2009; Seluchi & Chou, 2009; Seluchi et al., 2016), sistemas convectivos isolados (Silva & Dereczynski, 2014) ou até mesmo a associação entre esses sistemas (Moura et al., 2013). Essa combinação pode resultar em variações significativas na organização espacial e na intensidade da precipitação (André et al., 2008; Sobral et al., 2018). Neste sentido as REDECs Costa Verde, Serrana I e II, Sul I e II devido uma extensa



parte de seu território possuir uma topografia acidentada (Camargo et al., 2019; Camargo et al., 2022), um padrão de ocupação diverso e complexo (Soares & Lima, 1982; Santos, 2013) e vastas áreas susceptíveis a eventos adversos relacionada a movimentos de massa (SEDEC, 2022; MDR, 2023) apresentam histórico de desastres relacionados a enxurradas, deslizamentos e movimentos de massa (da Silva, 2015), proporcionado um elevado custo de vidas humanas (Dourado et al., 2012) e prejuízos diversos nas esferas econômicas, sociais e ambientais (MDR, 2023), enquanto as REDECs Baixada Litorânea, Baixada Fluminense e Norte possuem maior frequência de eventos associados a inundações e alagamentos (SEDEC, 2022; MDR, 2023) devido a eventos locais (Filgueira Leite, 2019) e contribuições de áreas a montante (SEDEC, 2020).

Assim, os modelos M1 e M3 indicam que os altos registros de ocorrências de SE e/ou ECP nessas REDECs estão associados a fatores topográficos e climáticos, evidenciando uma população com alta exposição a eventos adversos. No entanto, a baixa capacidade de mitigação de danos e prejuízos decorrentes de desastres, conforme demonstrado pelo ICVida (Figura 5), por parte da população potencialmente exposta, está ligada a esse cenário. Além disso, o alto comprometimento orçamentário das REDECs Sul II e Serrana II (Figura 8) evidencia uma capacidade limitada de resposta financeira, ou seja, uma menor eficiência de restabelecer a normalidade econômico-social. Isso se reflete na convergência dos modelos M1 e M3 com as decretações regionais.

O IARD mostra-se como uma ferramenta aplicável de gestão do risco de desastres, fornecendo uma análise detalhada das vulnerabilidades locais, dos recursos disponíveis e das lacunas orçamentárias existentes de cada região, em consonância com as políticas nacionais de proteção e defesa civil, como a Lei nº 12.608, e com diretrizes internacionais, além de convergir com boas práticas internacionais como o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS),



especialmente o ODS 11, ao contribuir significativamente para o avanço em direção ao desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis. Este alinhamento reforça a promoção de cidades mais inclusivas, seguras e sustentáveis.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o IARD, construído com base no método AHP, torna-se uma ferramenta útil na gestão do risco de desastres a nível regional. Ao estabelecer critérios objetivos para avaliar preferências e opções, o modelo reduz a subjetividade nas decisões e permite que os tomadores de decisão considerem diferentes perspectivas de forma estruturada, conforme a variação dos cenários propostos e estabelecer o modelo que melhor se adequa a sua realidade, de acordo com as evidências encontradas em seu território. Isso se traduz em um instrumento de políticas públicas de tomada de decisão robusto, planejamento de ações e alocação de recursos que pode ser utilizado para fortalecer a capacidade de resposta aos desastres de forma particular, entendendo que não há possibilidade de abranger todas as diversas complexidades que hora se apresentam no território fluminense.

Portanto, ao adotar o IARD como um indicador quantitativo para a gestão de riscos de desastres, é possível fortalecer as estratégias de prevenção e redução de riscos nas esferas federal, estadual e municipal, aliada a uma abordagem abrangente e multidisciplinar. Ao adotar esse índice como uma métrica padrão, os governos municipais podem fortalecer suas estratégias de prevenção e redução de riscos, fornecendo uma base sólida para a alocação de recursos e a implementação de medidas mitigadoras. Além disso, a utilização do IARD pode facilitar a troca de informações e a coordenação entre os diversos níveis de governo, promovendo uma abordagem unificada e eficiente na gestão de riscos de desastres em toda a hierarquia administrativa. Assim, o IARD não apenas fortalece a capacidade de resposta municipal, mas também se torna um elemento-chave na construção de uma estrutura integrada



de gestão de riscos em todo o país, oferecendo um suporte valioso às políticas públicas em âmbito nacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que:

1. Seja promovida a implementação de medidas preventivas e de mitigação de riscos em nível municipal, a fim de reduzir os impactos dos fenômenos meteorológicos locais. Essas ações devem incluir o fortalecimento da infraestrutura existente, o desenvolvimento de planos de emergência eficazes, a capacitação da população local para lidar com situações de crise e o aprimoramento da percepção de risco por parte de toda a sociedade.
2. Os formuladores de políticas públicas e os gestores municipais adotem uma abordagem diferenciada, levando em consideração as particularidades de cada região. Isso envolve a análise minuciosa dos indicadores de risco de desastres, a identificação das áreas mais vulneráveis e a implementação de estratégias específicas para cada localidade.
3. O Índice Municipal de Gestão de Risco de Desastres (IMGRiD) seja utilizado como uma ferramenta de avaliação e monitoramento contínuo da capacidade de gerenciamento de riscos em nível municipal. Isso permitirá a identificação de vulnerabilidades estruturais e regulatórias, bem como a alocação de recursos de forma estratégica, visando fortalecer a resposta e a preparação local.
4. As autoridades municipais estabeleçam parcerias com organizações governamentais, não governamentais e com a comunidade local para fortalecer a capacidade de resposta a desastres. Essa colaboração mútua possibilitará a troca de conhecimentos, a mobilização de recursos e a implementação de



ações conjuntas, resultando em uma abordagem mais eficaz para enfrentar os desafios relacionados aos riscos de desastres.

5. A conscientização da população sobre os riscos de desastres seja ampliada, por meio de campanhas educativas e programas de engajamento comunitário. Isso inclui a disseminação de informações sobre medidas de prevenção, a importância da preparação para situações de emergência e a criação de uma cultura de prevenção, em que cada indivíduo se sinta responsável e preparado para lidar com os riscos existentes em sua região.

6. Recursos financeiros sejam direcionados para o fortalecimento das capacidades de gestão de riscos em nível municipal. Isso envolve investimentos na infraestrutura local, medidas de prevenção e aprimoramento da capacidade de resposta a desastres, na capacitação de profissionais envolvidos na gestão de emergências e na implementação de projetos de adaptação e mitigação dos riscos.

7. Pesquisas e estudos científicos sejam incentivados para aprimorar a compreensão dos riscos de desastres em nível municipal e desenvolver soluções inovadoras para sua gestão. Esses estudos devem considerar os fenômenos meteorológicos locais, os padrões de ocupação do território e os aspectos socioeconômicos, a fim de embasar as políticas públicas e práticas de gestão de riscos de desastres de forma mais precisa e efetiva.

Recomenda-se a adoção dessas medidas como parte de uma abordagem abrangente e integrada para fortalecer a gestão de riscos de desastres na esfera estadual, auxiliando na formulação de políticas públicas voltadas ao bem estar da sociedade. Ao implementar essas recomendações, será possível criar comunidades mais preparadas, adaptadas e resistentes aos fenômenos meteorológicos locais.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhtar, T., Jaiswal, R. K., Kumar, P., & Kadian, R. (2021). Application of AHP to assess the vulnerability of critical infrastructure to extreme events: A case study of a city in India. *Journal of Risk Research*, 24(3), 368-386.
- Alencar, L. H., Costa, C. A. B., & Jannuzzi, G. M. (2013). Avaliação multicritério de sustentabilidade para municípios: Proposta metodológica baseada em indicadores. *Revista de Administração Pública*, 47(4), 919-944.
<https://doi.org/10.1590/S0034-76122013000400005>
- Alves, E. G., Ribeiro, E. P., & Mendonça, J. R. (2019). Análise da Qualidade de Vida Urbana nos Municípios do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 15(2), 56-75.
- André, R. G. B., Marques, V. D. S., Pinheiro, F. M. A., & Ferraud, A. S. (2008). Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23, 501-509.
- Bahia, L. O. (2021). Guia referencial para construção e análise de indicadores.
- Baker, D., & Refsgaard, K. (2007). Institutional development and scale matching in disaster response management. *Ecological Economics*, 63(2-3), 331-343.
- Barbosa, C. M., Oliveira, M. C., & Rocha, R. C. (2019). Análise de agrupamentos por cluster: um estudo em empresas de capital aberto no Brasil. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, 18(1), 25-43.



Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., Welle, T., & Frambria, R. (2020). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 103(1), 89-110.

Bündnis Entwicklung Hilft, United Nations University – Institute for Environment and Human Security, & University of Stuttgart – Institute for Spatial Planning and Rural Development. (2019). *World Risk Report 2019*. Disponível em: <https://www.worldriskreport.org/report/>. Acesso em 02 de abril de 2023.

Cao, R., & Sanz, I. (2010). *Manual de Análise de Dados - Estatística*. São Paulo: Editora Atlas.

Castro, G. S. L. Proposta de uma Estrutura de Indicadores para Subsidiar a Gestão de Riscos de Desastres Socioambientais a Nível Municipal no Brasil. 159 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

CEMADEN. (2012). Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Retrieved from <http://www.cemaden.gov.br/>

CEPAL. (2019). Índice de Vulnerabilidad a Desastres (DVI): Una herramienta para la gestión del riesgo de desastres en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CEPED. (2013). Centro Universitário sobre Estudos e Pesquisa sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. Volume Brasil. Ed. 2. Florianópolis: CEPED/UFSC, 126 p.

Chatiza, K. (2019). Cyclone Idai in Zimbabwe: An analysis of policy implications for post-disaster institutional development to strengthen disaster risk management.



Chaves, S. V. V., & Andrade, C. S. (2017). A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí e o perfil da população vulnerável às inundações/The incidence of natural disasters in Teresina, State of Piauí and the profile of the population vulnerable to floods. *Caderno de Geografia*, 27(1), 159-188.

Chen, S., Li, J., & Liu, M. (2019). Research on the response capacity of coastal cities to natural disasters based on AHP. *Sustainability*, 11(5), 1471.

Coutinho, R. Q., Lucena, R., & Henrique, H. M. (2020). Disaster risk governance: Institutional vulnerability assessment with emphasis on non-structural measures in the municipality of Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco (PE), Brazil. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 29(5), 711-729.

CRED. (2009). The International Disaster Database. Retrieved from <https://www.emdat.be/>

CRED. (2021). The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). Université catholique de Louvain. Recuperado de <https://cred.be/sites/default/files/2020-09/2020-10-13-human-cost-of-disasters.pdf>

Cunha, C. C. da, Bittencourt, V. M., Nascimento, V. E. B. do, Silva, R. L. da, Costa, L. C. de M., & Pinheiro, R. L. (2020). Análise espacial da relação entre deslizamentos de terra e indicadores socioeconômicos em Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(4), 1044-1058.

da Silva, C. A. M. (2015). Os desastres no Rio de Janeiro: conceitos e dados. *Cadernos do Desenvolvimento Fluminense*, (8), 55-72.

Dourado, F., Coutinho Arraes, T., & Fernandes Silva, M. (2012). O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro--as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos



Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. *Anuário do Instituto de Geociências*.

Easterlin, R. A., & Birdsall, N. (2008). Income and happiness: Towards a unified theory. *The Economic Journal*, 118(529), 215-246

EM-DAT (2021). The Emergency Events Database - Université Catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium. Disponível em: <https://www.emdat.be/>.

Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2017). *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier Brasil.

Filgueira Leite, A. (2019). Estruturas hidráulicas, gestão dos recursos hídricos e desastres relacionados à água na região do baixo rio Paraíba do Sul (estado do Rio de Janeiro): Uma análise fundamentada no desastre deflagrado pela inundação de 2007. *AMBIENTES: Revista De Geografia E Ecologia Política*, 1(1), 146. <https://doi.org/10.48075/amb.v1i1.22689>

Filho, N. B., Batista, P. M., & Souza, P. H. (2015). Índice de desenvolvimento humano municipal do estado de Minas Gerais: uma análise da década de 2000. *Nova Economia*, 25(1), 73-102.

Freitas, C. G. F. D. (2014). Perspectivas e desafios à gestão de riscos e desastres: uma análise sobre a configuração do direito de desastres no mundo e no Brasil.

Glaeser, E. L., Kahn, M. E., & Rappaport, J. (2008). Why do the poor live in cities? The role of public transportation. *Journal of Urban Economics*, 63(1), 1-24.

Guevara-Sanabria, L., & Cortés-Arreola, A. (2015). Evaluación de la capacidad de respuesta ante desastres naturales en municipios de la costa del estado de Jalisco, México, utilizando la metodología de análisis jerárquico (AHP). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(4), 421-430.



Secretaria de Estado de Defesa Civil
Superintendência Operacional
Instituto Científico e Tecnológico de Defesa Civil
Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil



Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman editora.

Hervás, J., & Bobrowsky, P. (2009). Mapping: inventories, susceptibility, hazard and risk. *Landslides—disaster risk reduction*, 321-349.

IBGE. (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010 - Perguntas frequentes: definição de domicílios particulares permanentes. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=35938>. Acesso 04 de Abril de 2023

IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Aglomerados Subnormais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?=&t=sobre>. Acesso 5 de abril de 2023

IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES secretariat. Recuperado de <https://www.ipbes.net/global-assessment>

Jannuzzi, P. M. Indicadores Sociais no Brasil – Conceito, Fonte de Dados e Aplicação. 3. ed. Campinas/SP: Editora Alínea, 2006.

Jansen, G. R., Vieira, R., & Henkes, J. A. (2020). Governança da gestão de risco de desastres: método de análise com base na reflexão teórico-conceitual. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(4), 484-510.

JRC. (2019). European Commission Joint Research Centre. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/>

Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (1990). Finding groups in data: An introduction to cluster analysis. John Wiley & Sons.



Khajeheian, M., Sadiq, R., & Rajani, B. (2017). Developing a flood risk assessment model using AHP in urban and rural areas. *Natural hazards*, 87(1), 315-339.

Leal, G. V., Melo, E. C., & Santos, C. A. (2019). Identificação de perfis de municípios brasileiros e sua relação com a ocorrência de doenças crônicas. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 22.

Macedo, R. S., Júnior, J. A. G., & Pavan, A. L. R. (2021). Secas e eventos extremos de precipitação: impactos no setor elétrico brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 28, 205-220.

Magalhães, A., & Portela, F. (2018). A K-Means clustering approach for the construction of composite indices: An application to the measurement of global innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 190-199.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.012>

Mattedi, M. A., & Butzke, I. C. (2001). A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. *Ambiente & Sociedade*, 93-114.

MDR. (2023). Ministério do Desenvolvimento Regional. Atlas digital de desastres no Brasil. Disponível em: <http://atlasdigital.mdr.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Modesto, F. D. B. F., Kuhlmann, L. G., Jacques, P. D., Ribeiro, R. S., & Santos, T. D. (2022). *Avaliação técnica pós-desastre: Petrópolis, RJ*. CPRM.

Nappi, M.L.: Modelo Multicritério de Decisão com Foco na Logística Humanitária a partir de Medidas de Desempenho para Abrigos Temporários. Tese de doutorado (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (2016)



Nascimento, P. W. F. D. (2020). Análise da vulnerabilidade ambiental à inundação na bacia hidrográfica do rio Grande, Baixada de Jacarepaguá (RJ).

ONU. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Retrieved from https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframefordrren.pdf

Papathoma-Köhle, M., Thaler, T., & Fuchs, S. (2021). An institutional approach to vulnerability: evidence from natural hazard management in Europe. *Environmental Research Letters*, 16(4), 044056.

Patel, A., & Patel, H. (2021). Application of clustering methods in wine quality analysis. *International Journal of Computer Applications*, 179, 1-6. <https://doi.org/10.5120/ijca2021901055>

Pinheiro, R. F., Vieira, D. F., & Bernardo, M. F. (2018). A construção de um relatório de diagnose em defesa civil: uma abordagem interdisciplinar. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 22(2), 133-140. <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/30831>

PNUD. (2004). Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. Retrieved from <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>

PNUD. (2019). Índice de Preparação para Desastres (DPI): Construindo resiliência em um mundo de riscos crescentes. New York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Rasoulzadeh, A., & Arabi, S. M. (2019). Municipal natural disaster risk assessment based on AHP and PROMETHEE: a case study in Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39, 101173.

SEDEC. (2022). Secretaria de Estado de Defesa Civil. Plano de Contingências: para os desastres ocasionados por chuvas intensas. Rio de Janeiro, 2022. 77 p. Disponível em: http://defesacivil.rj.gov.br/images/2022/11/PLANO_DE_CONTINGENCIAS_202



[2_2023_Versa%CC%83o_publica_site_08_11_22.pdf](#). Acesso em: 20 jun. 2023.

SEDEC. (2020). Secretaria de Estado de Defesa Civil. Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro: 2020. 5. ed. Rio de Janeiro: Cbmerj, 2020. 106 p. Disponível em: https://www.cbmerj.rj.gov.br/anuarios/anuario_2020.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

Rose, D. A., Murthy, S., Brooks, J., & Bryant, J. (2017). The evolution of public health emergency management as a field of practice. *American journal of public health*, 107(S2), S126-S133.

Ruiz, M. A., Rodrigues, R. D., & Ribeiro, F. S. (2021). Análise de agrupamento para identificação de áreas de risco ambiental em áreas urbanas. *Boletim de Geografia*, 39(1), 126-142.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)

Santos, R. M. (2013). Desenvolvimento econômico do estado do Rio de Janeiro: Região Serrana. (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Economia). Instituto de Economia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SEDEC. (2020). Secretaria de Estado de Defesa Civil do Rio de Janeiro. Plano de Contingência Municipal - Chuvas Intensas - Tático-Operacional (revisado em 22/12/2020). Disponível em: http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/planos_de_contingencias/Plano-de-Contingencia-Municipal---Chuvas-Intensas---Ttico-Operacional-revisado-em-22-12-2020.pdf. Acesso em 04 de abril de 2023.



Secretaria de Estado de Defesa Civil
Superintendência Operacional
Instituto Científico e Tecnológico de Defesa Civil
Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil



SEDEC. (2012). Secretaria Nacional de Defesa Civil. Retrieved from <http://www.mi.gov.br/defesa-civil>

Sen, A. (1999). Development as freedom. Oxford University Press.

Serrano-Cinca, C., Gutiérrez-Nieto, B., & Pérez-Mendoza, M. (2018). Social participation in natural disaster risk management: A comparative study of municipal decision-making processes using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 276-287.

Silva, A. S. da, Vieira, L. M. M., & Santos, W. A. dos. (2020). A gestão de riscos de desastres no Brasil: análise da evolução do marco legal. *Revista de Geopolítica*, 11(1), 76-91.

Silva, F. B., Santos, A. M., & Lima, M. M. (2020). Análise de agrupamentos como ferramenta para a classificação de municípios segundo indicadores socioeconômicos e ambientais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7), 2463-2477.

Silva, M. P. D., Souza, A. S. de, Silva, R. W. da, Amaral, S. S. do, Salles, K. C. N., & Camargo, L. S. (2021). Proposta para redistribuição das coordenadorias regionais de defesa civil ajustadas às regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro. *Revista Flammae*, 7(19), 145. <https://doi.org/10.17648/2359-4837/flammae.v7n19.p145-176>

Soares, M. S., & Lima, M. P. (1982). A ocorrência de Favelas em Pequenas e Médias Cidades do Estado do Rio de Janeiro: O Caso de Teresópolis. *Anuário do Instituto de Geociências*, 5, 42-55.

Sobral, B. S., Oliveira-Júnior, J. F., Gois, G., de Bodas Terassi, P. M., & Muniz-Júnior, J. G. R. (2018). Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22.

Tominaga, L.K., Santoro, J., & Amaral, R. (Eds.). (2015). Desastres naturais: conhecer para prevenir (3a ed.). São Paulo, Brasil: Instituto Geológico.



Secretaria de Estado de Defesa Civil
Superintendência Operacional
Instituto Científico e Tecnológico de Defesa Civil
Centro de Estudos e Pesquisas em Defesa Civil



UNDP. (2004). Reducing disaster risk: A challenge for development, a global report. UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery. New York, NY: UNDP.

UNISDR. (2009). Terminology on disaster risk reduction. Retrieved from https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf

UNISDR. (2011). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Walter, A. M. M. L., Oliveira, M. H., & Barreto, A. C. (2013). A importância da elaboração de relatórios de diagnóstico em defesa civil. Revista EIA, (20), 14-24. ISSN 1794-1237.