

territorium • 31(II)

REVISTA INTERNACIONAL DE RISCOS | INTERNATIONAL JOURNAL OF RISKS

AMBIENTE, RISCOS E SEGURANÇA: DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RISCOS



Imprensa da Universidade de Coimbra

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

2024

(Página deixada propositadamente em branco)

territorium 31 (II)

Ambiente, Riscos e Segurança:
Desafios da sustentabilidade na gestão de riscos
Environment, Risk and Safety:
Challenges of sustainability in risk management

Julho - Dezembro
2024

FICHA TÉCNICA

Proprietário / Proprietor

RISCOS^o - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Redação e administração / Editing and administration

(Toda a correspondência deve ser dirigida a;
Letters should be addressed to):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra
Largo Porta Férrea
3004-530 Coimbra
Portugal
Tel.: +351 239 992 251
E-mail: riscos@riscos.pt

Fotografia da capa / Cover photo

Bombeiros socorristas

Firefighters rescuers

Fotografia / Photo: Image by Nico Franz from Pixabay

Edição / Edition

RISCOS^o - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
IUC^o - Imprensa da Universidade de Coimbra

Paginação / Formatting and Layout

Mestre Fernando Félix

Resumos e legendas, revisão em inglês / Abstracts and captions, English review

Jean Burrows

Distribuição e Assinaturas / Distribution and Subscriptions:

Venda (vente; sale):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Número avulso (single issue): **25,00 €**

Assinatura anual (dois números + correio);

Annual subscription (2 issues + post charges):

Portugal: **50,00 €**; Europa/Europe: **55,00€**;

Outros países/Other countries: **60 \$USD**

Pré-impressão e Impressão / Print Preview and Printing:

?????? ????? ??????????
???????? ?????? ????????? ??????? ??????

Periodicidade / Periodicity

Semestral / Biannual

Tiragem / Print run

250 exemplares

Público alvo / Target audience

Professores, Agentes de Proteção Civil, Autarcas, Estudantes e Cidadãos.
Teachers, Civil Protection Agents, Politicians, Students and Citizens.

Arbitragem / Peer-review

Os artigos submetidos para publicação são sujeitos a revisão por
dois especialistas

Articles submitted for publication are subject to review by two experts
(double-blind)

Depósito Legal n.º **106376/96**

ISSN Digital: **1647-7723**

ISSN: **0872-8941**

DOI: <https://doi.org/10.14195/1647-7723>

URL:

<https://territorium.riscos.pt/>
<https://digitalis.uc.pt/en/revista?id=107789&sec=5>
<http://impactum-journals.uc.pt/index.php/territorium>

Indexada em / Indexed in

CiteFactor, Dialnet; DOAJ; ERIH-PLUS; Europub database; Latindex; MIAR (Annual ICDS 2019: 4.4); Open Academic Journals Index (CGIJ OAJI: 0,150); Qualis da CAPES (2013-2016); REDIB; SJIF - Scientific Journal Impact Factor; Sherpa Romeo | ReviewerCredits

Apoios:
Sponsors:



NOTA DE ABERTURA

As plenas manifestações de risco acarretam consequências nefastas que, quando catastróficas, provocam danos severos e avultados prejuízos materiais nos bens e haveres dos seres humanos. São ainda responsáveis, não raras vezes, por inúmeras perdas de vida acompanhadas de feridos de diferentes gravidades.

A nota de abertura do número 31 (ii) da *Territorium* foi escrita no rescaldo de mais uma sucessão de incêndios que afetaram, com especial incidência, as regiões Norte e Centro de Portugal, reforçando a necessidade de melhorar o nosso conhecimento face às grandes catástrofes, em particular aos grandes incêndios florestais, quer à escala regional como global. De facto, a nossa compreensão face à distribuição global dos grandes incêndios permanece distorcida, influenciada principalmente pela cobertura mediática e pelos esforços de investigação regionalizados. O aumento da frequência e intensidade dos incêndios florestais a nível mundial são responsáveis por impactos significativos na sociedade e no ambiente, agudizados pelas mudanças climáticas. A temporada de incêndios de 2023-2024 resultou num total de área queimada próxima de $3,9 \times 10^6$ km². Trata-se de um valor ligeiramente inferior às temporadas anteriores. No entanto, as emissões de carbono (C) foram 16 % acima da média, impulsionadas pelas emissões recordes das florestas boreais canadianas, ainda que mitigadas pelas mais baixas emissões das savanas africanas. Por outro lado, imputado às mudanças climáticas destaca-se o aumento tendencial das áreas ardidas e aumento das épocas de fogo à escala global.

Semanas antes, as cheias e inundações que afetaram o centro da Europa, com especial incidência na Roménia, Áustria, Polónia e Chéquia, associadas à passagem da tempestade Boris, vitimaram mais de uma dezena de pessoas, forçaram várias evacuações e levaram a danos generalizados em diferentes países. A cartografia fornecida pelo Serviço de Gestão de Emergências do Copernicus confirmou o impacto da catástrofe, quer no que respeita à área afetada quer ao nível da intensidade dos danos.

De acordo com o relatório da Organização Meteorológica Mundial (OMM) publicado recentemente, o número de catástrofes naturais e ambientais se quintuplicou nas últimas cinco décadas, naturalmente relacionado com a melhoria do registo, mas também relacionado com mudanças ambientais. O mesmo relatório imputa entre 1970 e 2019, às catástrofes meteorológicas, climáticas

INTRODUCTORY NOTE

The full manifestations of risk involve harmful consequences which, when catastrophic, cause severe damage and significant material damage to the property and possessions of human beings. They are also often responsible for countless deaths, along with injuries of varying severity.

The opening note to issue 31 (II) of the *Territorium* journal was written in the aftermath of yet another series of wildfires that particularly affected the northern and central regions of Portugal, emphasising the need to improve our knowledge of major disasters, particularly serious wildfires, on a regional and global scale. In fact, our understanding of the overall distribution of wildfires is still distorted, influenced mainly by media coverage and regionalised research efforts. The increased frequency and intensity of wildfires worldwide is responsible for significant impacts on society and the environment, and is exacerbated by climate change. The 2023-2024 wildfire season resulted in a total burned area of approximately 3.9×10^6 km². This is slightly lower than in previous seasons, but carbon (C) emissions were 16% above average. This was driven by record emissions from Canadian boreal forests, although mitigated by lower emissions from African savannahs. On the other hand, climate change has led to a trend towards more extensive burned areas and longer fire seasons, worldwide.

Just a few weeks earlier, floods and inundations that affected central Europe, particularly Romania, Austria, Poland, and the Czech Republic, was associated with the passage of Storm Boris. It killed more than a dozen people, forced numerous evacuations and caused widespread damage in several countries. The mapping provided by the Copernicus Emergency Management Service confirmed the impact of the disaster, both in terms of the area affected and the intensity of the damage.

According to a report recently published by the World Meteorological Organization (WMO), the number of natural and environmental disasters has increased fivefold in the last five decades, of course related to improved records, but also linked to environmental changes. The same report attributes meteorological, climate and water-related disasters between 1970 and

e hídricas como responsáveis por 50 % de todas as catástrofes, 45% de todas as mortes e 74 % de todas as perdas económicas.

Este contexto de céleres mudanças ambientais acompanhado do crescente número de catástrofes reforça a pertinência dos estudos que visem uma gestão do risco considerando a capacidade de antecipação e a capacidade de resposta, orientada por uma abordagem técnica e científica, incluindo a participação da sociedade e do indivíduo. Deste modo, continuaremos empenhados em tratar a diversidade dos riscos e das suas manifestações, através da alternância entre números temáticos mais especializados, dedicados a riscos mais específicos, e mais abrangentes, como é o caso deste número da revista.

2019 as being responsible for 50 % of all disasters, 45 % of all deaths and 74 % of all economic losses.

This context of rapid environmental changes accompanied by the growing number of disasters supports the relevance of studies aimed at risk management considering the capacity for anticipation and the capacity for response. Such management should be guided by a technical and scientific approach that includes the participation of society and the individual. We will therefore continue to be committed to addressing the diversity of risks and their manifestations by alternating between more specialized thematic issues, which focus on more specific risks, and more wide-ranging ones, such as this issue of the journal.

Bruno Martins

ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO - RJ,
ATRAVÉS DA ABORDAGEM MORFODINÂMICA*

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE MUNICIPALITY OF NOVA FRIBURGO - RJ,
THROUGH A MORPHODYNAMIC APPROACH

Rafaela Teixeira Paula

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0001-9898-0040 rafaelatpaula@gmail.com

Marcelo Motta de Freitas

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0002-2066-052X marcelomotta@puc-rio.br

Rafael da Silva Nunes

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0003-2174-3105 rsngeo@puc-rio.br

Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0002-3956-057X anacris@puc-rio.br

RESUMO

O planejamento ambiental depende do correto entendimento do quadro geográfico local e regional. A elaboração de estudos analíticos, que possuem como foco a composição do estrato contribui para o planejamento. Assim, a fim de contribuir para um planejamento ambiental do município de Nova Friburgo - Rio de Janeiro, Brasil, pretende-se analisar a fragilidade ambiental da cidade, com base na concepção teórico-metodológica de Ross (1994). A produção da carta de fragilidade ambiental foi subsidiada pela correlação da declividade, forma de relevo, solos e ocupação e uso do solo. As classes de fragilidade ocupam as percentagens: muito baixa - 0,11 %; baixa - 12,5 %; média - 60,27 %; alta - 25,52 %; muito alta - 1,60 %. Chama a atenção a extensão das áreas consideradas de média e alta fragilidade. Esses valores mostram que, devido ao quadro físico existente, Nova Friburgo apresenta um grau de fragilidade ambiental importante, com alta energia morfodinâmica. Estudos que associam diferentes variáveis ambientais mostram uma visão integrada da paisagem e podem ser utilizadas para reconhecer áreas restritas às ocupações e atividades humanas.

Palavras-chave: Fragilidade, estrato, variáveis ambientais, energia morfodinâmica.

ABSTRACT

An environmental plan depends on the correct understanding of the local geographic context. The drafting of analytical studies that focus on the composition of the stratum contributes to planning. It is intended to analyse the environmental fragility of the municipality of Nova Friburgo - RJ, based on the theoretical-methodological conception of Ross (1994). The production of the environmental fragility map was supported by the correlation of slope, landform, soils, land use and vegetation cover. The fragility classes occupy the following percentages: very low - 0.11 %; low - 12.5 %; average - 60.27 %; high - 25.52 %; very high - 1.60 %. Attention is drawn to the extent of areas considered to be of medium and high fragility. These figures show that, due to the physical framework, Nova Friburgo presents a significant degree of environmental fragility, with high morphodynamic energy. Studies that associate different environmental variables show an integrated view of the landscape and can be used to recognize areas restricted to human occupations, activities, and natural areas that should be preserved.

Keywords: Fragility, stratum, environmental variables, morphodynamic energy.

* O texto deste artigo foi submetido em 13-06-2023, sujeito a revisão por pares a 14-06-2023 e aceite para publicação em 26-04-2024.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A elaboração de um planeamento ambiental que indique à sociedade áreas mais seguras para ocupação e áreas propícias à instalação de atividades de baixo impacto, depende do correto entendimento do quadro geográfico local e regional. A elaboração de estudos analíticos, que possuem como foco a composição do estrato geográfico, que segundo Grigoriev (1968), corresponde a “[...] *uma estreita faixa compreendida entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera, correspondendo ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza*” (Ross, 1994, p.64), é cada vez mais necessária e contribui para o conhecimento das correlações existentes entre os componentes desse estrato, auxiliando ainda na tomada de decisões voltadas, sobretudo, ao planeamento ambiental (Fierz e Ross, 2008).

De acordo com Tamanini (2008), o conceito de fragilidade ambiental refere-se à vulnerabilidade do ambiente a sofrer danos de qualquer natureza. Relaciona-se a fatores de desequilíbrio tanto naturais, como os causados pela dinâmica própria do ambiente, como em casos de declividades acentuadas e alta susceptibilidade à erosão do solo, quanto a desequilíbrios de origem antropogênica, como por exemplo pelo uso inadequado do solo e alterações nos cursos dos rios.

Para Cruz *et al.* (2003), a natureza é neutra: os desastres têm origem na relação da sociedade com processos de múltiplas origens, intencionais ou não. Segundo Tricart (1977), a ação humana é exercida em uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias de forma complexa. As interpretações não devem se limitar somente à descrição fisiográfica. Estudar a organização do espaço é entender e determinar como uma ação se insere na dinâmica natural. Através destes estudos pode-se corrigir aspectos desfavoráveis, facilitando a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece.

Jean Tricart é formulador da abordagem Ecodinâmica. Essa abordagem tem como uma das premissas avaliar os impactos das ações do homem sobre o ecossistema. A abordagem ecodinâmica considera conceitos importantes da ecologia, associando biologia e geografia. Segundo Tricart (1977), a ecologia estuda os seres vivos em suas relações com o ambiente. O homem participa ativamente dos ecossistemas em que vive, modificando-os, principalmente pela exploração dos recursos naturais. Os ecossistemas reagem exigindo algumas adaptações do homem e, de acordo com o autor, estabelecem-se sistemas naturais, que são a interação de um conjunto de elementos formados a partir de processos naturais, capazes de se manter em um equilíbrio dinâmico, sem a intervenção humana. O conceito de sistema traz um

conjunto de fenômenos que se processam através de fluxos de matéria e energia, que resultam em relações de dependência mútua entre os fenômenos.

Tricart (1977) estabelece uma classificação ecodinâmica do ambiente em meios estáveis, meios integrados e meios fortemente instáveis. Nos meios estáveis os processos mecânicos naturais atuam lentamente e com menor intensidade, fazendo com que a formação dos solos supere a erosão do material. Nos meios integrados, os fatores que determinam instabilidade aos ambientes se impõem de maneira concorrente sobre o mesmo espaço do que fatores que causam maior instabilidade. Nos meios fortemente instáveis há instabilidade e redução da cobertura vegetal causada pela remoção da base para o seu desenvolvimento (Tricart, 1977).

Baseado na teoria ecodinâmica de Tricart (1977), Ross (1992 e 1994) propõe uma metodologia para a análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados aplicado ao planeamento territorial ambiental. Ross (1994) compreende que os estudos integrados de um território devem conter o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as interferências antrópicas (Silveira e Cunha, 2010).

Desta forma, os autores sugerem um estudo integral da paisagem, o qual pode ser estabelecido a partir da análise de elementos como a declividade, as formas de relevo, os solos e a ocupação e uso do solo. A declividade do terreno, por exemplo, tem papel importante na definição da velocidade de escoamento superficial da água. Este atributo ambiental interfere no grau de infiltração da água, que é maior em relevos planos e menor em altos declives. Se tratando de taxa de erosão, quanto maior a declividade, maior é a capacidade da água para erodir a encosta (EMBRAPA, 2003). Estas características levaram Ross (1994) a classificar a declividade em 5 categorias hierárquicas que vão do muito fraco (para baixos declives) ao muito forte (para altas declividades). A fragilidade ambiental também está relacionada com as formas de relevo, intimamente associadas à declividade. Ross (1992) toma como base os índices morfométricos baseados no grau de entalhe dos canais fluviais e na dimensão interfluvial. A partir dessa matriz, estabelecem-se categorias de influência de muito fraca a muito forte (Ross 1994).

O conceito de solo, por sua vez, se estabelece como a coleção de corpos naturais que ocupam parte da superfície terrestre constituindo o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres. É dotado de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo e durante certo período de tempo (USDA, 1951). Ross (1994) considera as classes de fragilidade de muito baixa a muito forte, levando em conta a

erodibilidade dos solos, o escoamento superficial e concentração das águas pluviais. Villela e Matos (1975) ressaltam que, juntamente com a magnitude pluvial, a capacidade de infiltração e a suscetibilidade para a erosão dos solos e a rapidez do escoamento das águas pluviais sobre a superfície, está diretamente relacionada com o tipo de ocupação e uso do solo. Áreas com solo exposto constituem, por exemplo, um fator decisivo na aceleração dos processos erosivos em solos profundos. Isto porque o solo desprotegido recebe o impacto direto das gotas de chuva.

Cruz *et al.* (2003), abordam que os fenômenos naturais podem ser altamente influenciados e intensificados por atividades humanas. Nesse contexto, compreender as dinâmicas vinculadas às atividades promovidas pela sociedade tornam-se importantes para que se avaliem as modificações dos fluxos de matéria e energia no sistema geomorfológico, ou seja, a compreensão da transformação da paisagem repercute diretamente sobre o comportamento da mesma. Podem-se citar importantes interferências antrópicas como as atividades agrícolas ou o processo de urbanização não planejado, uma vez que interferem diretamente na dinâmica morfológica e hidrológica local/regional. Segundo Davis (1979), a realização de mapeamentos e avaliações confirmaria que cerca de 90 por cento de todas as mortes em desastres naturais ocorrem como resultado de habitações inseguras construídas em locais inseguros. Outras atividades como a exploração de minérios, as pastagens e as áreas industriais, também alteram a dinâmica nas formas de relevo, pois não levam em consideração a fragilidade do meio natural e o grau de interferência gerado pelas suas ocupações (Silveira e Cunha, 2010). Por outro lado, Ross (1994) leva em conta o grau de proteção aos solos promovido pela cobertura vegetal para categorias que vai de proteção muito alta (áreas florestadas) a muito baixa (áreas não vegetadas).

Mais do que analisar cada fator isoladamente é necessário analisar a paisagem como um todo, compreendendo a interação entre as variáveis ambientais e sua interferência na ocorrência de eventos. Ross (1994) propõe uma metodologia integrada da paisagem, combinando diferentes variáveis geoambientais. Autores como Messias e Ferreira (2017) aplicam a referida metodologia para mapear a fragilidade ambiental à ocorrência de ravinas no Parque Nacional da Serra da Canastra, Brasil; e Marques Neto *et al.* (2014) a utilizam como subsídio do estudo da fragilidade ambiental no município de Lima Duarte, MG, Brasil.

Pretende-se analisar a fragilidade ambiental do município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil, embasada pela concepção teórico-metodológica de Ross (1994). Através de um enfoque estrutural da paisagem, este trabalho tem como objetivo produzir um mapa

de fragilidade ambiental do município, estabelecendo níveis de instabilidade através da associação das variáveis ambientais declividade, padrões de relevo, solo e ocupação e uso do solo.

Área de estudo

Localização do município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil e contexto morfodinâmico da paisagem local

O município de Nova Friburgo está situado na região central do estado do Rio de Janeiro e é constituído pelos distritos: Amparo (1), Campo do Coelho (2), Conselheiro Paulino (3), Lumiar (4), Muri (5), Nova Friburgo (6), Riograndina (7) e São Pedro da Serra (8) (fig. 1). Nova Friburgo ocupa parte da Serra do Mar, conhecida como Serra dos Órgãos. O município possui uma área total estimada em 935.429 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2021) e, geomorfologicamente, encontra-se no contexto do Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos, conforme estudado por Dantas (2001). A região serrana do Rio de Janeiro se caracteriza por apresentar uma grande vulnerabilidade natural, e o que contribui para isso natural é um conjunto de fatores interagindo entre si: a litologia constituída por rochas com camadas finas de solo; as altas declividades; o regime de chuvas intensas no verão, características que geram solos mais instáveis e propensos a deslizamentos (Tavares e Amorim, 2011). Localizado na região serrana do Rio de Janeiro, o município de Nova Friburgo compartilha destas características e é frequentemente acometido por movimentos de massa que causam danos sociais e alterações naturais na paisagem.

A altitude influencia diretamente no clima, considerado clima tropical de altitude, ameno, mais seco à medida que se afasta da Serra do Mar, em direção ao interior do estado. A precipitação média anual é de 2.000 mm, sendo o período de Dezembro a Fevereiro os meses que concentram as maiores médias de precipitação (Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - PMNF, 2007). O relevo escarpado, somado aos altos índices de precipitação no verão, confere ao município inúmeros registros de eventos de movimento de massa. Esses eventos podem ser agravados pela alteração artificial das encostas e pela remoção da vegetação para implantação de agropecuária e pastagens, atividades que provocam a retirada da proteção natural dos solos.

O município de Nova Friburgo apresenta uma paisagem física bastante heterogênea, resultado da interação de seus diferentes atributos ambientais. A paisagem local tem forte influência da Serra do Mar, sendo Nova Friburgo uma das cidades que se instalou nesse grande alinhamento serrano, de forma que a cota altimétrica da cidade ultrapassa 2.000 m de altitude em alguns pontos (fig. 2).

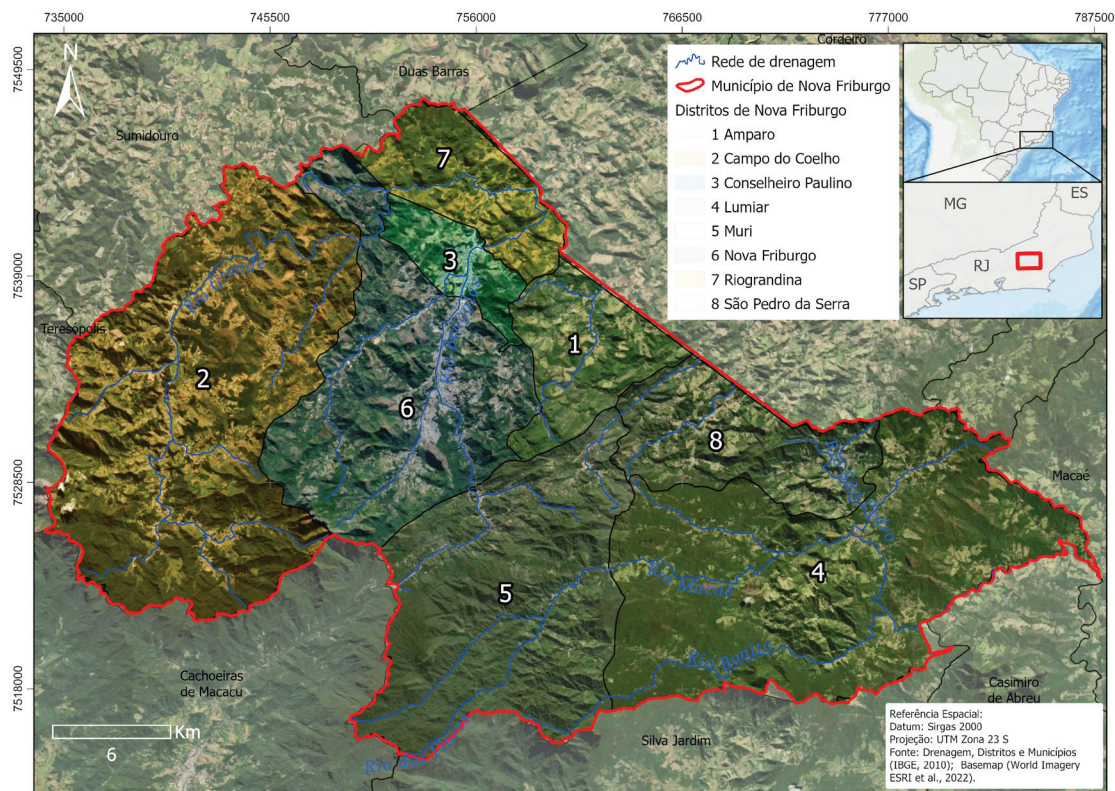


Fig. 1 - Localização dos distritos do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 1 - Location of the districts within the municipality of Nova Friburgo - RJ.

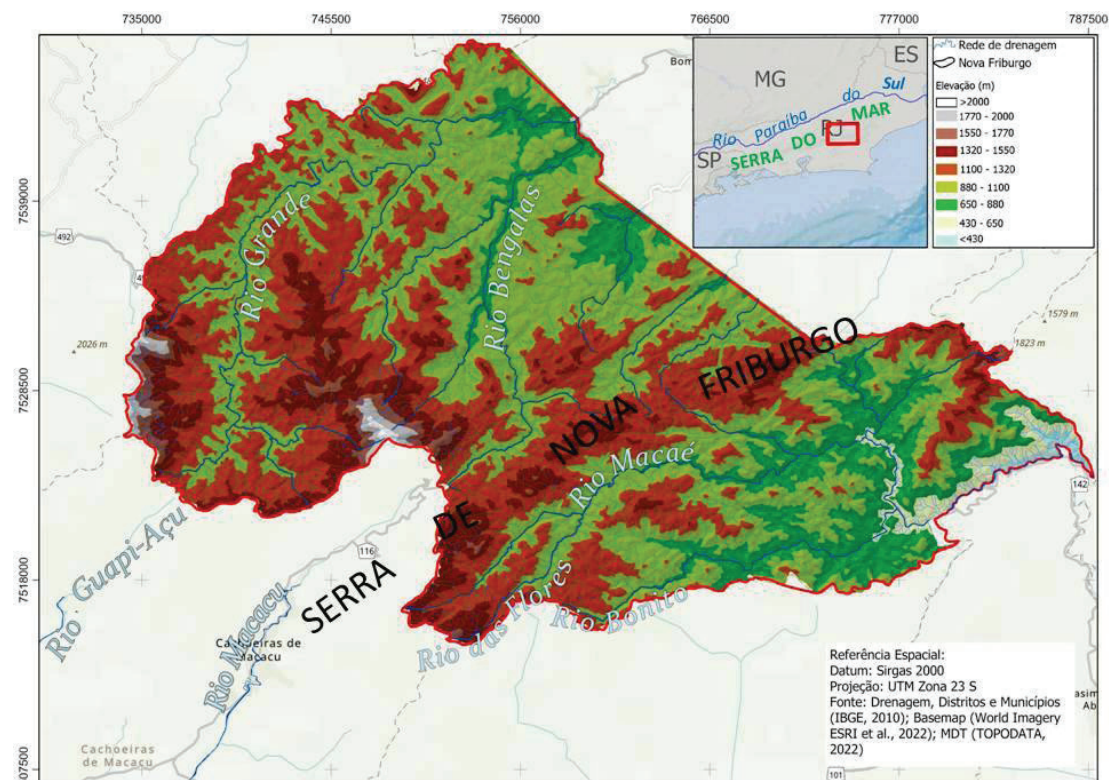


Fig. 2 - Altimetria do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 2 - Altimetry of Nova Friburgo municipality - RJ.

As rochas da Serra do Mar mantêm as altas altitudes em alguns pontos, no entanto, o clima da região, tropical de altitude, contribui para a alta densidade de drenagem, que promove intensa dissecação do relevo. Segundo Hasuiet *al.* (2012), a escarpa da Serra dos Órgãos é interrompida por importantes frentes de erosão de direções NNE, NNW e NE. Uma dessas reenâncias é dada pela erosão dos rios Guapi-Açu e Macacu, que dissecam a escarpa sobreposta a Nova Friburgo. De acordo com os autores, o Rio Paraíba do Sul drena, no interior do planalto serrano, encaixado no Lineamento Além Paraíba, de direção ENE. Seus afluentes, também encaixados, esculpem um relevo intensamente dissecado e estruturado ao longo de toda a bacia.

No trecho da Serra do Mar que leva o nome de Serra de Nova Friburgo, estruturas de direção NNW a NW promovem uma abrupta quebra no relevo, de onde se inicia o último alinhamento serrano da extensão setentrional da Serra do Mar. As altitudes que decrescem para leste, com médias de 700 a 1.000 m, onde passa a constituir um conjunto de serras residuais, cristas alongadas e morros com vertentes íngremes, são por vezes suavizadas pela intensa colmatação das encostas (Hasui *et al.*, 2012). Esta configuração do relevo implica a cada um dos atributos ambientais determinada instabilidade morfodinâmica que, somadas, resultam numa escala de fragilidade ambiental, categorizada neste trabalho no intervalo de muito baixa a muito alta.

O contexto geológico da região (fig. 4) é composto por rochas metamórficas e ígneas associadas aos eventos tectônicos compressivos e de idade neoproterozóica. Há ocorrências de gnaisses e granitos, pertencentes, em sua maior parte, ao Terreno Oriental da Faixa Ribeira, representado pelo domínio tectônico Costeiro. Além disso, ocorrem intrusões graníticas no período póscolisional da Faixa Ribeira, como a Suíte Nova Friburgo, onde são encontrados os picos mais elevados (Tupinambá *et al.*, 2012).

A declividade no município (fig. 3), obtida a partir da extração da camada vetorial de curvas de nível do Modelo Digital do Terreno da área de estudo em ambiente SIG, é bastante variável, apresentando ambientes planos (inferiores à 6 % de declividade) e escarpados (superiores aos 70 % de declividade). Os menores valores estão localizados nos vales mais dissecados, onde se formam as planícies fluviais. Já os médios valores são encontrados nas colinas e morros com encostas suavizadas, sem a presença de encostas íngremes. Por fim, as altas declividades estão situadas nas bordas dos alinhamentos serranos que cortam o município e nas bordas das unidades geomorfológicas de maiores altitudes. Considerando este quadro, sabe-se que as classes de declividade que conferem maior instabilidade morfodinâmica são as de média a alta declividade. Em todos os distritos pode-se observar trechos de altas declividades, no entanto, as manchas de maior expressão estão situadas nos distritos de Nova Friburgo (6), Lumiar (4) e Campo Coelho (2).

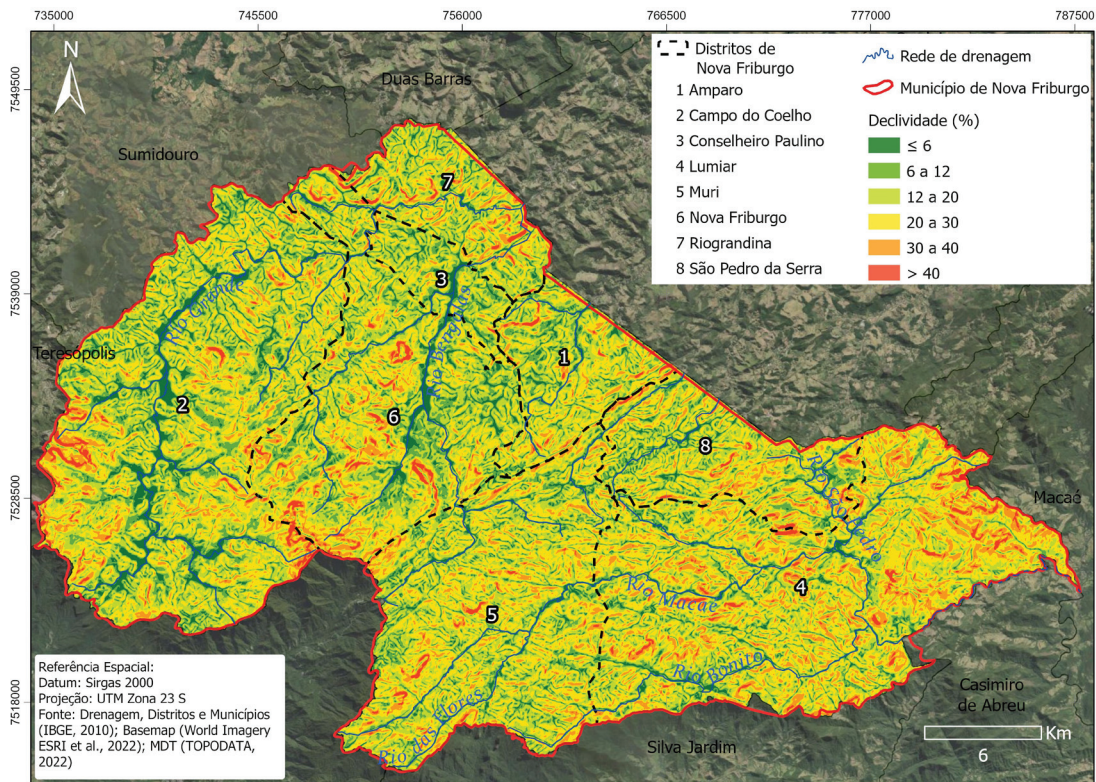


Fig. 3 - Mapa de declividade do município de Nova Friburgo.

Fig. 3 - Slope map of Nova Friburgo municipality.

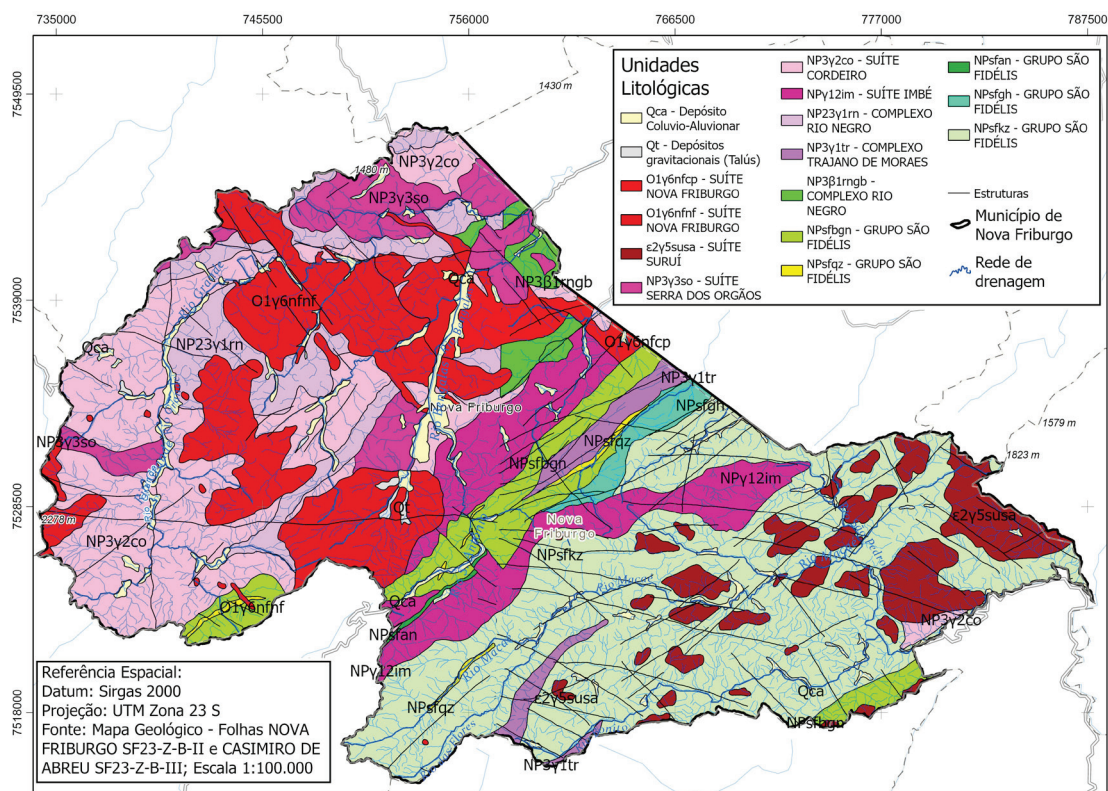


Fig. 4 - Contexto geológico do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 4 - Geological context of Nova Friburgo municipality - RJ.

DESCRIÇÃO DA LEGENDA:

Qca - Depósito Colúvio-Aluvionar: Argilas de planície de inundação intercaladas com depósitos lenticulares de canal com seixos, areia fina e média.

Qt - Depósitos gravitacionais (Talús): Matações angulosas a arredondados em matriz argilo-arenosa intensamente pedogenizada no topo do depósito.

O1y6nfcp e **O1y6nfnf** - SUÍTE NOVA FRIBURGO: cp - Conselheiro Paulino; nf - Nova Friburgo: corpos intrusivos de granitos homófonos com textura equigranular, porfírica e megaporfírica; granodiorito e diorito subordinados.

e2y5susa - SUÍTE SURUI: granitos de granulação fina (milimétrica), isotrópico, às vezes com estruturas de fluxo. Apresenta composição sienogranítica a monzogranítica. Localmente apresenta granulação centimétrica e brechas de falhas nas bordas. Exibe índice de cor leucocrático, cinza clara esbranquiçada a branca, maciço, equigranular, com biotita e muscovita.

NP3y3so - SUÍTE SERRA DOS ORGÃOS: gnaisses à hornblenda e biotita de grão grosso, foliação descontínua; variações tonalíticas a graníticas

NP3y2co - SUÍTE CORDEIRO: ortogneisse leucocrático a hololeucocrático granítico, com foliação fraca a bem desenvolvida, e arranjos diatexiticos.

NP12im - SUÍTE IMBÉ: ortogneisse mesocrático com megacrístais de feldspato subedral; coexistem minerais típicos de afiliação sedimentar (sillimanita e muscovita) e ígnea (hornblenda e biotita parda).

NP23y1rn - COMPLEXO RIO NEGRO: gnaisses de grão grosso, foliação

NP3y1tr - COMPLEXO TRAJANO DE MORAES: rochas de coloração escura, granulação fina a média que exibem uma foliação muito acentuada ou até mesmo um fino bandamento, dado pela separação de minerais plácidos e feldspato. A migmatização é generalizada, representada pela formação de leucossoma quartzo-feldspático, pegmatóide ou aplítico, mineralmente disposto em finas bandas que formam estruturas ptigmáticas.

NP3B1rngb - COMPLEXO RIO NEGRO: Hornblenda gabro a piroxêniohornblendito à plagioclásio, chegando a hornblendito com textura homófona ou foliada

NPsfbn - GRUPO SÃO FIDÉLIS: biotita-(granada)-(sillimanita)-(muscovita) gnaíse migmatítico com níveis xistosos ricos em biotita e granada, de espessura decimétrica a decamétrica.

NPsfqz - GRUPO SÃO FIDÉLIS: quartzito pouco recrystalizado biotita gnaíse e de muscovita-sillimanita quartzito muito recrystalizado nos níveis xistosos.

NPsfan - GRUPO SÃO FIDÉLIS: anfibólio-gnaíse, contendo hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo, com apatita como mineral acessório

NPsfgh - GRUPO SÃO FIDÉLIS: (sillimanita) biotita gnaíse bandado ou homogêneo, com muita intercalação de rochas ricas em sillimanita, granada, e feldspato, quartzo, rochas calcissilicáticas, meta-ultramáficas, gonditos e ocorrência de sulfetos disseminados. Biotita gnaíse homogêneo.

NPsfkz - GRUPO SÃO FIDÉLIS: (sillimanita) biotita gnaíse bandado ou homogêneo, com muita intercalação de rochas ricas em sillimanita, granada, e feldspato, quartzo, rochas calcissilicáticas, meta-ultramáficas, gonditos e ocorrência de sulfetos disseminados. kinzigito composto por granada biotita gnaíse (e, localmente, cordierita), bandado com intercalações de sillimanita-granita gnaíse, quartzito, anfibólito e rochas calcissilicáticas.

A carta do relevo de Nova Friburgo apresenta dois tipos genéticos, segundo a proposta de Nunes *et al.* (1994). O primeiro grupo corresponde aos modelados de acumulação, locais onde há, predominantemente, processo de acumulação de sedimentos. São simbolizados pela letra A e representados pelas planícies fluviais (Apac) e pelas rampas de colúvio (Ac). O segundo abrange os modelados de dissecação, simbolizados pela letra D,

são representados pelas colinas (Dc), morros (Dms e Dm), morrotes (Dmrat e Dmat) e serras alongadas (Das), onde predominam processos erosivos. Pode-se ainda subdividir os padrões de relevo presentes nos modelados de dissecação em relevos colinosos e suaves, onde a declividade é de 6 a 15 %; relevos de morros e morrotes, onde há predomínio de declives entre 15 e 30 %; e relevo montanhoso, cuja declividade predominante está acima

de 30 % (Marques Neto *et al.*, 2014). Mais informações sobre a produção do mapa de padrões de relevo estão detalhadas no tópico “Materiais e métodos”.

A energia morfodinâmica de maior intensidade predomina, nos modelados de dissecação, principalmente naqueles com maior grau de entalhe vertical e menor dimensão interfluvial, que aparecem na paisagem no formato de vales em V profundos e agudos. Desta maneira, morfologias suaves, que apresentam menor grau de entalhamento vertical e maior dimensão fluvial, possuem menor energia morfodinâmica. O mapa de padrões de relevo da área de estudo (fig. 5), demonstra que os distritos Lumiar (4), Muri (5) e São Pedro da Serra (8) possuem a classe de relevo morrotesaltimontanos como predominante, e são atravessados pelo alinhamento serrano que corta o município. Os outros distritos possuem o relevo variável entre os morrotesaltimontanos e morfologias mais suaves.

As classes de solo foram obtidas na escala 1:100.000 junto ao INEA/RJ (2022), órgão responsável por armazenar as informações cartográficas do estado. A disposição de solos na região (fig. 6), nessa escala, se apresenta com 4 tipologias: latossolo, argissolo, cambissolo e neossololítico. Neste caso também há correlação com a morfologia, visto que os tipos de solos presentes em áreas mais planas tendem a se desenvolver com maior profundidade. Os solos localizados em áreas de maior

declividade tendem a ser mais rasos e mais facilmente removidos (Lepsch, 2011). O tipo de solo influencia também no tipo de vegetação que vai se desenvolver, sendo mais robusta em solos profundos e física e quimicamente propícios à instalação de vegetação densa (Lepsch, 2011).

Os dados de ocupação e uso do solo foram fornecidos pela coleção 7 do MapBiomias (Projeto Mapbiomas, 2020), produzidos a partir de imagens do Landsat, com uma resolução média de 30m, que inclui dados anuais de ocupação e uso do solo para o período de 1985 a 2021. O mapa de uso e ocupação de Nova Friburgo (fig. 7) mostra que grande parte do perímetro municipal está ocupada com remanescentes florestais, naturais da Mata Atlântica. No entanto, também é extensa a área coberta pela mancha urbana ou outras áreas de influência humana, como as pastagens, agropecuária e silvicultura. Sem um planejamento ambiental, essas áreas tendem a se expandir desordenadamente, podendo causar maiores impactos aos processos naturais existentes.

A mancha urbana de maior densidade, que corresponde aos distritos Nova Friburgo (6) e Conselheiro Paulino (3), está instalada próxima às margens do rio Bengalas, principalmente onde predominam morfologia do tipo de morros, “estrangulada” pelos morrotesaltimontanos e os limites das planícies fluviais. Quanto maior a influência de atividades humanas, maior a alteração da dinâmica

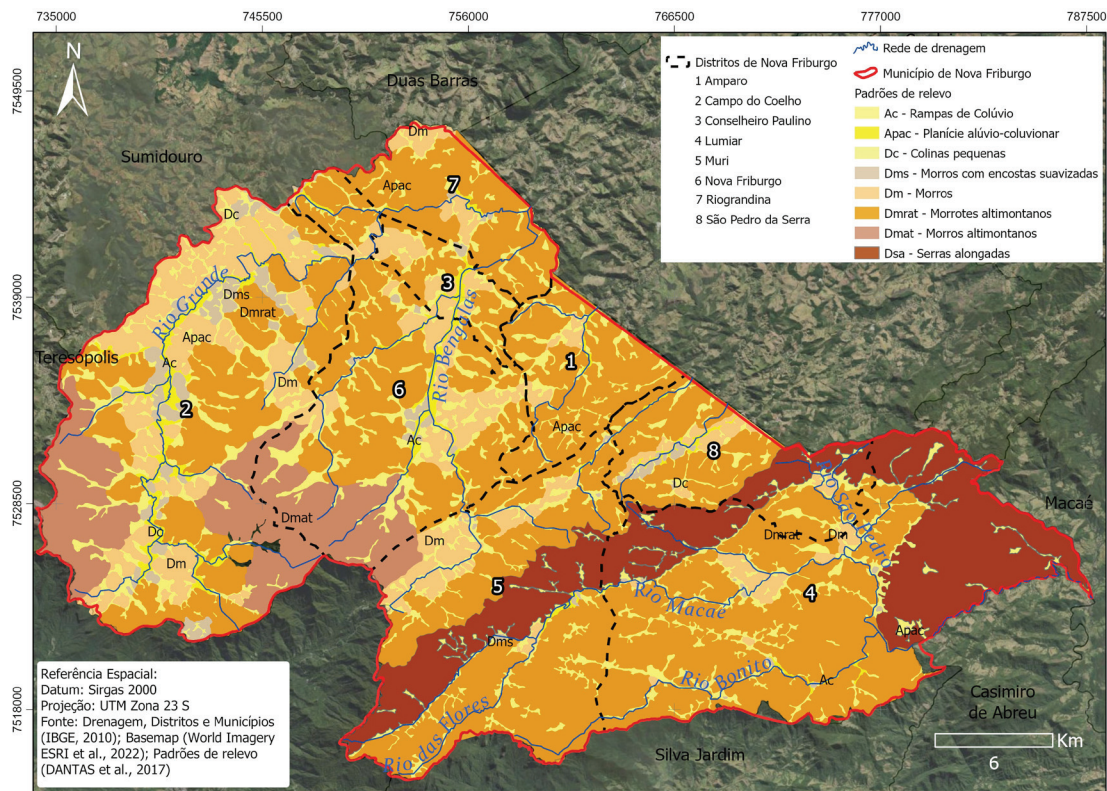


Fig. 5 - Mapa de padrões de relevo do município de Nova Friburgo.

Fig. 5 - Map of relief patterns of Nova Friburgo municipality.

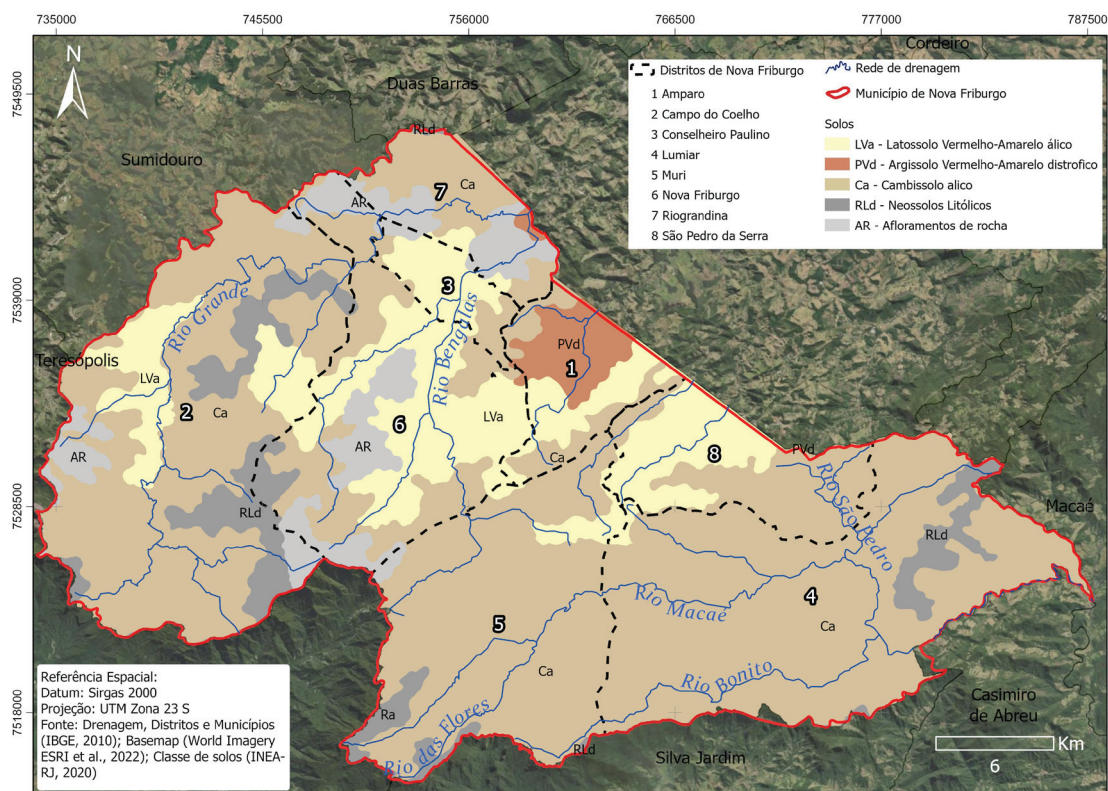


Fig. 6 - Mapa de solos do município de Nova Friburgo.

Fig. 6 - Soil map of Nova Friburgo municipality.

natural da paisagem. Cortes de encostas para instalação de ocupações e atividades econômicas, remoção da vegetação para implantação de agricultura e pecuária ou substituição da floresta natural por espécies não nativas, como o caso do eucalipto, são exemplos de alteração da paisagem natural que pode causar o aumento da fragilidade ambiental. A vegetação funciona como protetor do solo de processos erosivos e eventos como movimentos de massa.

Movimentos de massa em Nova Friburgo, RJ, Brasil

Segundo Rocha *et al.* (2021), de acordo com levantamento feito pelo plano de contingência de 2013 do Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (NADE/DRM-RJ), o município de Nova Friburgo está em um domínio com mais de 100 setores em risco iminente. Além disso, se insere entre as 821 cidades cadastradas no Brasil como mais suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa (Brasil, 2014).

A cidade de Nova Friburgo é uma das cidades da região serrana do Rio que historicamente mais sofre com movimentos de massa, na maioria das vezes associados a chuvas intensas no verão. Na história recente da cidade, um evento que causou muitos danos e a perda da vida

de centenas de pessoas ocorreu em Janeiro de 2011, quando chuvas de grande intensidade caíram sobre a região serrana do Rio de Janeiro. Os municípios mais afetados foram Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Bom Jardim, Sumidouro e Areal, em uma área estimada de 2.300 km², onde vivem mais de 713.000 habitantes, sendo que, somente em Nova Friburgo, houve cerca de 3 mil deslizamentos e foi uma das cidades com maior número de mortos (Tavares e Amorim, 2011). Este evento ficou conhecido como Megadesastre, uma das maiores catástrofes já ocorridas no Brasil, que causou danos sociais e financeiros (fot. 1).

Materiais e Métodos

Os dados cartográficos foram trabalhados em ambiente SIG, através do software ArcGis Pro (ESRI, 2020). Utilizaram-se dados cartográficos que contemplam a área de estudo: as Folhas Topográficas de escala 1:50.000 (SF-23-Z-B-II-2 DUAS BARRAS, SF-23-Z-B-II-4 NOVA FRIBURGO, SF-23-Z-B-III-1 CORDEIRO, SF-23-Z-B-III-3 QUARTÉIS) (IBGE, 1966); os Mapas Geológicos de escala 1:100.000 (folhas SF.23-Z-B-II NOVA FRIBURGO e SF23-Z-B-III FOLHA CASIMIRO DE ABREU) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) - Mapa Índice TOPODATA 225435 (TOPODATA, 2022).

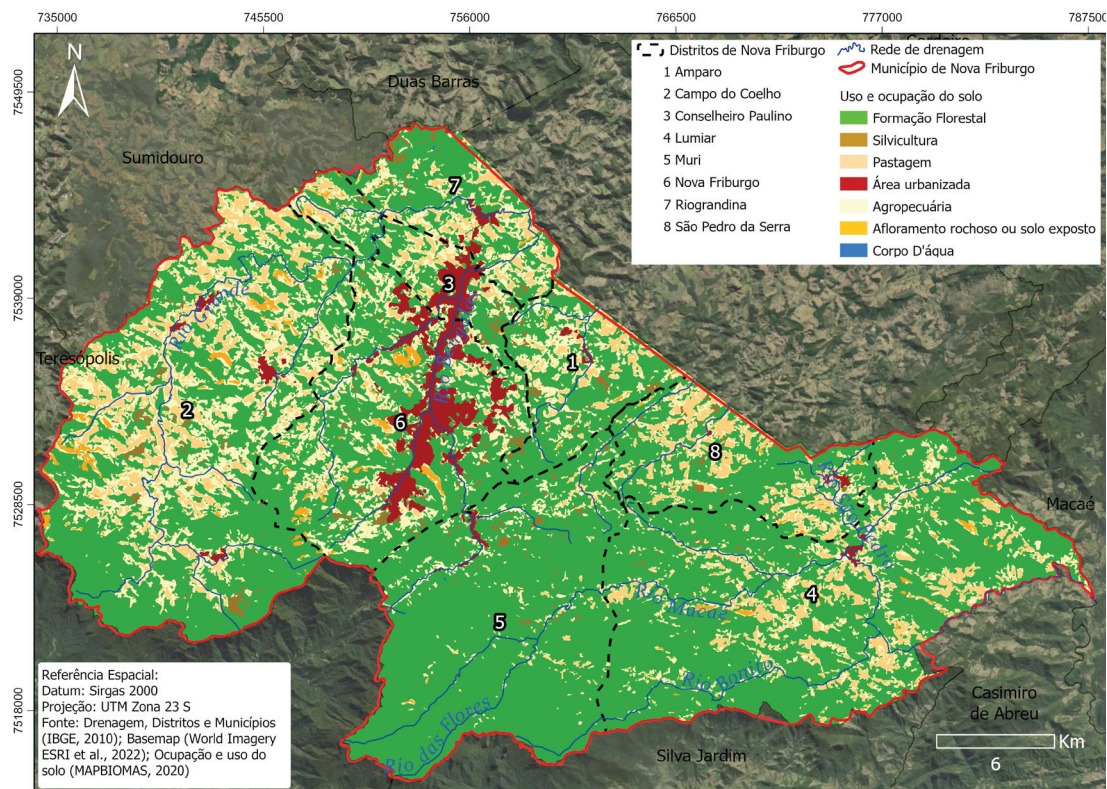


Fig. 7 - Mapa de ocupação e uso do solo do município de Nova Friburgo.
Fig. 7 - Map of land use and occupation in the municipality of Nova Friburgo.



Fot. 1 - Danos causados pelo Megadesastre de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro (Fonte: G1, 2021).
Photo 1 - Damage caused by the 2011 Megadisastrer in the mountainous region of Rio de Janeiro (Source: G1, 2021).

A fragilidade ambiental é o resultado da interação entre diversas variáveis ambientais, que estão na base da menor ou maior energia morfodinâmica dos processos naturais. Desta forma, a produção da carta de fragilidade ambiental passou a ser subsidiada pela associação dos seguintes atributos espaciais, sugeridos por Ross (1994): declividade, forma de relevo, solos, ocupação e uso do solo. O produto cartográfico obtido pôde ser classificado em cinco categorias de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, conforme sugerido por Marques Neto *et al.* (2014).

A primeira variável analisada foi a declividade. Ross (1994) cita estudos consolidados na bibliografia sobre a capacidade de uso e aptidão agrícola associados a valores indicativos de limites críticos da geotecnia, que indicam o vigor dos processos erosivos, riscos de escorregamentos e inundações frequentes, relacionados à declividade. Considerando estas características, o autor define as seguintes categorias hierárquicas de fragilidade ambiental para as classes de declividade (TABELA I).

TABELA I - Categorias hierárquicas de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para classes de declividade.
TABLE I - Hierarchical categories of environmental fragility used by Ross (1994) for slope classes.

Categorias Hierárquicas	Classes de declividade
Muito Fraca	até 6 %
Fraca	de 6 a 12 %
Média	de 12 a 20 %
Forte	de 20 a 30 %
Muito Forte	acima de 30 %

Os intervalos de declividade foram definidos manualmente, baseados em Ross (1994) e Marques Neto *et al.* (2014) e seguiram a seguinte distribuição: < 6 %; 6 a 12 %; 12 a 20 %; 20 a 30 %, 30 a 40 %; >40 %.

Outro parâmetro ambiental utilizado para a análise foi o padrão do relevo, que apesar de estar correlacionado à declividade, leva em conta dois aspectos morfométricos que traz diferentes informações daquelas fornecidas pela declividade: profundidade de dissecação e dimensão interfluvial (Nunes *et al.*, 1994; Cunha, 2012; Marques Neto, 2020). As formas de relevo puderam ser reconhecidas através da adaptação da Carta de Geomorfologia do município de Nova Friburgo (Dantas *et al.*, 2017), associada à compartimentação geomorfológica da área. A representação cartográfica dos padrões de formas semelhantes se dá por um conjunto de letras e símbolos seguido de um conjunto de algarismos arábicos. Elas podem ser de duas linhagens genéticas: acumulação (A) ou desnudação/dissecação (D) (Torres *et al.*, 2012). As letras maiúsculas indicam os tipos genéticos; as letras minúsculas indicam os padrões de forma de relevo; e os números indicam os parâmetros morfométricos (Marques

Neto, 2020). Os valores da Dissecação foram obtidos automaticamente no ArcGis, com base na proposta de Guimarães *et al.* (2017), que consiste em quatro etapas: tratamento do modelo digital de elevação (MDE), mapeamento do grau de entalhamento dos vales, mapeamento da dimensão interfluvial média das bacias e a integração dos dois mapas (Guimarães *et al.*, 2017).

Os algarismos arábicos são extraídos da Matriz dos Índices de dissecação do relevo, um quadro que associa os valores de dimensão interfluvial (DI - distância dos divisores dos canais fluviais) e grau de entalhamento (E - amplitude altimétrica entre o topo e o fundo do vale). Quanto mais acentuado o entalhe, maior a energia gravitacional disponível para deflagrar processos físicos como queda de blocos e movimentos de massa. A dimensão interfluvial, medida em metros, é obtida a partir da medição da extensão dos interflúvios nos diferentes conjuntos de formas.

A Matriz dos índices de Dissecação desenvolvida por Ross (1992) e utilizada por Ross (1994) é baseada na relação de densidade de drenagem/distância interfluvial média para dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical. Foi a partir desta matriz que Ross (1994) estabeleceu categorias de influência para a fragilidade ambiental que vão de Muito Fraca a Muito Forte. A Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo utilizada por Ross (1994) pode ser interpretada juntamente com a forma aparente do relevo para cada categoria, esquematizada por Guimarães *et al.* (2017) (TABELA II).

Em relação aos solos, Ross (1994) propõe a utilização das características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão de partículas, profundidade e espessura dos horizontes dos solos para a classificação dos níveis de fragilidade ambiental. De acordo com essas características, o autor define as seguintes classes de fragilidade relativas aos solos (TABELA III).

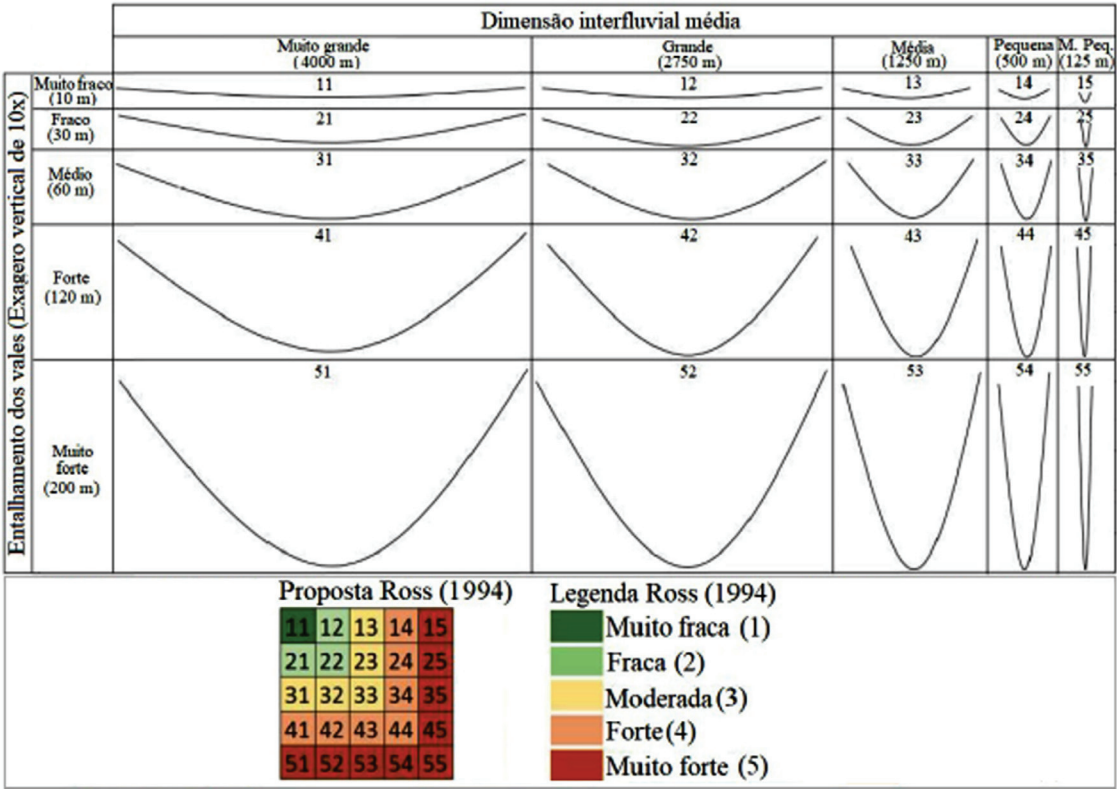
Segundo Ross (1994), a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela interpretação da carta de ocupação e uso do solo. A hierarquia de fragilidade ambiental para a ocupação e uso do solo obedece, então, aos graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal (TABELA IV).

Após a produção dos mapas de cada uma dessas variáveis ambientais, trabalhou-se com a definição de níveis de instabilidade para cada categoria do respectivo atributo. Foram definidos níveis de instabilidade, de 1 a 6, devido ao número de classes encontrado nas variáveis ambientais, sendo o nível 1 a de menor energia morfodinâmica e o nível 6 a de maior (TABELA V).

Posteriormente, fez-se a reclassificação das categorias de cada atributo de acordo com os pesos definidos em novas classes de 1 a 6 no ArcGis. Por fim, os mapas foram

TABELA II - Matriz dos Índices de Dissecação, forma aparente do relevo para cada categoria e categorias hierárquicas de fragilidade ambiental

TABLE II - Matrix of Dissection Indexes, apparent landform for each category and hierarchical categories of environmental fragility.



Fonte: adaptado de Ross, 1994 e Guimarães et al., 2017. Source: adapted from Ross, 1994 and Guimarães et al., 2017.

TABELA III - Categorias hierárquicas de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para tipos de solo.
TABLE III - Hierarchical categories of environmental fragility used by Ross (1994) for soil classes.

Classes de Fragilidade	Tipos de solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho-amarelo, textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo, textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo, textura média/argilosa
Forte	Podzólico Vermelho-amarelo, textura média/arenosa
Muito Forte	CambissolosPodzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

TABELA IV - Categorias de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para classes de ocupação e uso do solo.
TABLE IV - Categories of environmental protection fragility used by Ross (1994) for land use and occupation classes.

Graus de proteção	Ocupação e uso do solo
Muito Alta	Florestas/Matas naturais,florestas cultivadas com biodiversidade.
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como o café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja, com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/ gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

TABELA V - Valores de instabilidade relativa atribuídos às classes de cada atributo para a produção do mapa de fragilidade ambiental.

TABLE V - Relative instability values assigned to the classes of each attribute to produce the environmental fragility map.

ATRIBUTO	CLASSE	INSTABILIDADE	JUSTIFICATIVA
Declividade	≤ 6	1	Maior deposição de sedimentos e pouco ou nenhum risco geológico-geomorfológico
	6 - 12	2	Maior deposição de sedimentos e baixo risco geológico-geomorfológico
	12 - 20	3	Moderado nível de processos erosivos
	20 - 30	4	Valores com risco geológico-geomorfológico mediano
	30 - 40	5	Valores próximos dos limites críticos de geotecnia e ocupação
	> 40	6	Valores acima dos limites críticos de geotecnia e ocupação
Padrão de Relevo	Ac - Rampas de colúvio	1	Morfologia plana com maior deposição e baixa energia morfodinâmica
	Apac - Planície Alúvio-colvionar	1	Morfologia plana com maior deposição e baixa energia morfodinâmica
	Dc - Colinas pequenas	2	Morfologia ondulada com baixa energia morfodinâmica
	Dms - Morros com encostas suavizadas	3	Grau de entalhe médio e dimensão interfluvial grande
	Dm - Morros	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Dmrat - Morrotes altimontanos	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Dmat - Morros altimontanos	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Das - Serras alongadas	6	Grau de entalhe muito forte e dimensão interfluvial pequena
Solos	Lva- Latossolo Vermelho-amarelo	1	Solos profundos e localizados em locais planos
	PVd - Argissolo Vermelho-amarelo	2	Solos com razoável profundidade e boa coesão
	Ca - Cambissolo	5	Solos pouco profundos e facilmente removíveis
	Rld - Neossolo Litólico	6	Solos rasos e facilmente removíveis
	AR - Afloramento Rochoso	5	Ausência de solos
Ocupação e uso do solo	Formação Florestal	1	Alto grau de proteção aos solos
	Silvicultura	6	Alteração da proteção natural dos solos
	Pastagem	5	Solos desprotegidos
	Área urbanizada	6	Alteração da forma natural das encostas, impermeabilização
	Agropecuária	5	Solos desprotegidos
	Afloramento rochoso ou solo exposto	3	Superfície desprotegida

associados, e o produto obtido corresponde à somatória dos níveis estabelecidos, de modo que a sobreposição dos valores resulta em uma nova classe com um novo valor. O resultado deste procedimento é o mapa de fragilidade ambiental. Este produto foi classificado manualmente em 5 classes de fragilidade: menor que 5; entre 5 e 10; entre 10 e 15; entre 15 e 20; e maior que 20 e correspondem, respectivamente, a fragilidade muito baixa, fragilidade baixa, fragilidade média, fragilidade alta e fragilidade muito alta.

Resultados

Fragilidade ambiental em Nova Friburgo - RJ

A fragilidade ambiental de determinada área pode ser analisada através da associação espacial de diversos fatores ambientais. No caso deste trabalho, a análise da fragilidade ambiental no município de Nova Friburgo (fig. 8) se deu através da associação de quatro variáveis: declividade, formas de relevo, solos e uso e cobertura do

solo. Estes fatores foram selecionados pela alta influência nos processos morfodinâmicos do município isoladamente, estes fatores definem maior ou menor fragilidade ambiental. Quando associados, podem trazer uma síntese mais completa sobre a real fragilidade existente na área.

Ao comparar o mapa de fragilidade ambiental final com os mapas de declividade, formas de relevo, solos e uso e cobertura do solo isoladamente, nota-se nítida correlação das áreas apontadas como alta energia morfodinâmica em cada uma dessas variáveis. A correlação que mais chama a atenção é da classe de alta fragilidade ambiental com o alinhamento serrano que corta o município no sentido SO - NE. Neste trecho a declividade é mais acentuada, os vales são mais encaixados e os solos são mais rasos ou inexistentes. Este alinhamento abrange os distritos de Lumiar (4), Muri (5) e São Pedro da Serra (8).

Apesar da vegetação natural ser mais densa e a atividade humana ser pouco influente, os outros fatores sobressaem e definem uma alta fragilidade ambiental no alinhamento serrano, tornando a paisagem local sujeita a eventos como os movimentos de massa, rolamento de blocos de rocha e alta taxa de erosão. A alta fragilidade ambiental encontrada nestes pontos mostra que processos de alta energia fazem parte da dinâmica natural da paisagem. Essa ideia reforça a necessidade de preservar áreas com essa característica da influência humana, para assim, preservar o ambiente natural e também, promover a

proteção da sociedade de eventos naturais que possam provocar danos humanos e financeiros.

Assim como nas serras alongadas, outros locais onde aparecem manchas expressivas de alta fragilidade ambiental, sem influência humana, estão nas bordas de domínio de morros altimontanos, com características parecidas com as das serras. Nesses ambientes os vales são encaixados e os solos são mais rasos, portanto, são removidos com maior facilidade. Nos locais com maior influência humana, como nos distritos Campo do Coelho (2) e Nova Friburgo (6), há a presença marcante de manchas de fragilidade alta, devido à combinação das variáveis ambientais, que apesar de terem fragilidade ambiental média isoladamente, apresentam a somatória final alta, o que confere alta fragilidade ambiental.

Para entender como a fragilidade elevada pode se manifestar na realidade, podemos verificar a espacialização de eventos que ocorreram no passado. Por exemplo, no evento que ficou conhecido como Mega Desastre de 2011, fortes chuvas atingiram a região Serrana do Rio de Janeiro e causaram inúmeros deslizamentos de terra. De acordo com Busch e Amorim (2011), a Defesa Civil do município registrou a ocorrência de mais de 3 mil deslizamentos na área urbana e rural. Daqueles ocorridos na área urbana, 49 % se concentrava na região central e 32 % no bairro Conselheiro Paulino, além dessas áreas, o bairro Córrego Dantas também foi um dos mais atingidos

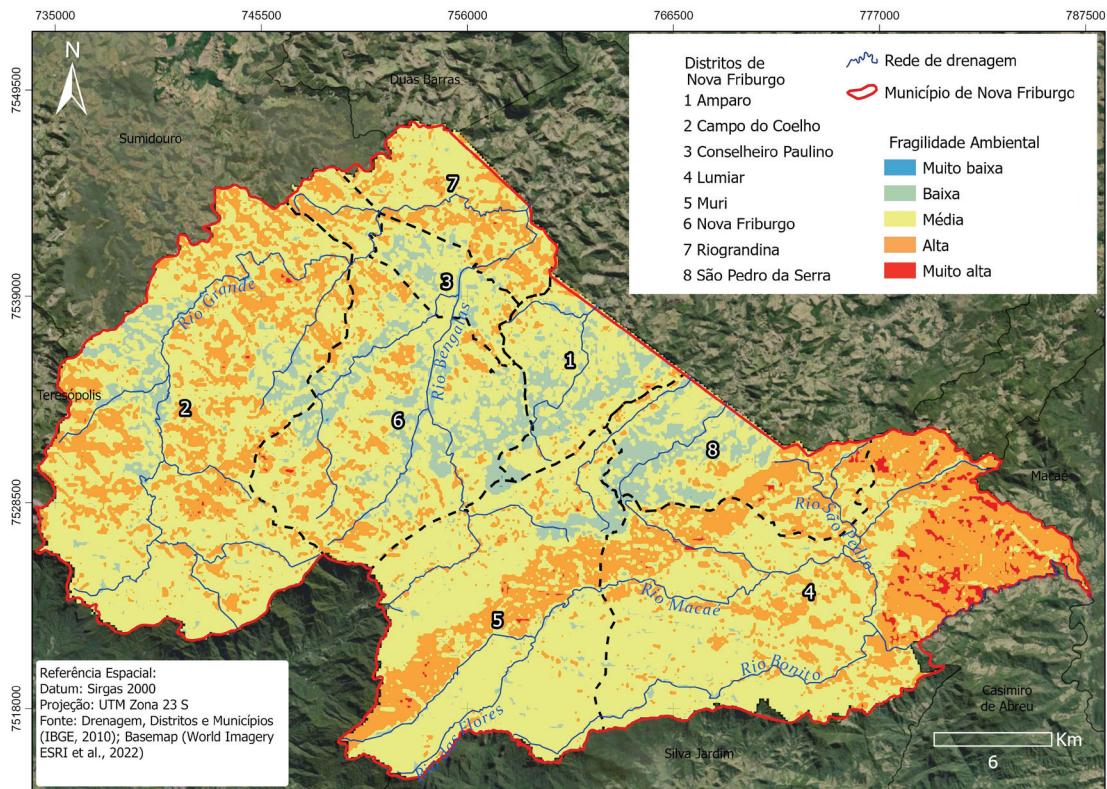


Fig. 8 - Mapa de fragilidade ambiental de Nova Friburgo - RJ.
Fig. 8 - Environmental fragility map of Nova Friburgo - RJ.

(Cardoso e Vieira, 2016). Dias e Lima (2012) concluíram que as localidades com maior número de deslizamentos foram o Distrito Campo do Coelho, principalmente o bairro Córrego Dantas, proporcionalmente o bairro mais atingido - 15 % de sua área. Segundo os autores, apesar de não possuírem o maior quantitativo de áreas atingidas por escorregamentos, nas localidades urbanas, observa-se um número de óbitos muito maior, devido a sua alta densidade de construção urbana.

Nos locais onde a declividade é média, os vales não são tão agudos, os solos mais profundos e a cobertura do solo é natural, a fragilidade ambiental é média. As classes de baixa e muito baixa fragilidade aparecem nos locais de baixa declividade, exceto na área urbanizada pois a alteração da paisagem natural através do corte de encostas, da impermeabilização do solo, da remoção da vegetação entre outros fatores, provoca aumento da fragilidade ambiental. Portanto, as classes de baixa e muito baixa fragilidade se concentram, essencialmente, nas planícies fluviais.

A fragilidade ambiental dos pontos que apresentam morfologia de colinas pequenas ou morros com encostas suavizadas apresentaria também baixa ou muito baixa fragilidade ambiental, seguindo a lógica dos resultados até aqui. No entanto, um fator que altera essa tendência é a presença de pastagens, agricultura ou silvicultura. Como dito anteriormente, a remoção da vegetação provoca o aumento da fragilidade ambiental, pelo fato de funcionarem como protetor natural contra a erosão e saturação do solo. Portanto, essas áreas aparecem com fragilidade ambiental média.

Da área total do município, as classes de fragilidade ocupam os seguintes percentuais: muito baixa - 0,11 %; baixa - 12,5 %; média - 60,27 %; alta - 25,52 %; muito alta - 1,60 %. Chama a atenção a extensão das áreas consideradas média e alta fragilidade, que juntas somam mais de 85 % de todo o município. Esses valores mostram que, devido ao quadro físico existente na área e a interação entre os fatores presentes, Nova Friburgo apresenta um importante grau de fragilidade ambiental, com alta energia morfodinâmica.

Conclusões

Ao longo da extensão do município de Nova Friburgo, a média e alta energia morfodinâmica existente devido ao quadro físico com a presença de vales agudos e profundos, com áreas de altas declividades, solos rasos e desprotegidos, agravados pela forte influência humana em alguns locais, define as classes média e alta fragilidade ambiental como as de maiores extensões. Este cenário ambiental ressalta a necessidade de promover estudos mais detalhados sobre a ocupação urbana, confrontando os planos de expansão urbana com os resultados deste trabalho para se evitar a ocupação

em locais de alta e muito alta fragilidade. Sugere-se, em próximos estudos, produzir um mapa de risco, com auxílio do produto obtido neste artigo. Para as áreas de elevada fragilidade que estão ocupadas, seria necessário promover ações de retirada ou prevenção. As áreas utilizadas para atividades econômicas como silvicultura, agricultura e pastagens devem passar por um processo de análise ambiental a fim de reduzir seu processo de expansão, que provoca a remoção e diminuição da área florestal e alteração da morfologia, o que resulta no aumento da fragilidade ambiental.

O planejamento ambiental necessita de documentos cartográficos que mostrem a espacialização das áreas de maior e menor fragilidade, como o apresentado. A interpretação de documentos como esse auxilia no entendimento de como os processos naturais podem ter impacto nas atividades humanas. Estudos que associam diferentes variáveis ambientais mostram uma visão integrada da paisagem e podem ser utilizados para reconhecer áreas restritas às ocupações e atividades humanas, e também áreas naturais que devem ser dedicadas à preservação. Além disso, podem ser utilizados para promover estudos de análises de risco, vulnerabilidade, potencialidades de uso e ocupação, por exemplo.

Bibliografia

- Ab'Sáber, A. N. (1959). Tipos de drenagem labiríntica do Brasil. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 2, n. 4, 50-51.
- BRASIL (2014). Ministério da Integração Nacional/Secretaria Nacional de Defesa Civil. Lista dos 821 municípios com o maior número de ocorrências de desastres naturais. Brasília.
- Busch, A. e Amorin, S. (2011). *A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas*. ENAP: Escola Nacional de Administração Pública, volume único, 1-20.
- Cardoso, P. da S., Vieira, R. (2016). O Megadesastre de Janeiro de 2011 na cidade de Nova Friburgo, *Investig. Geogr. Chile*, 52: 47-70.
- Cruz, J. da, Rozé, J. P., Francia, F., e Cob, G. (2003). *Ecología Social de Los Desastres*. Montevideo: Coscoroba ediciones. 176 p.
- Cunha, C. M. L. (2012). *A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas. Rio Claro, 105p. (Livro Docência em Geografia)*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Dantas, M. E., Garcia, M. L. T., Carbinatti, C., Shinzato, E. (2017). Carta geomorfológica: município de Nova Friburgo, RJ. CPRM: Escala 1:100.000. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18188>

- Dantas, M. E. (2001). *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geo-ambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM.
- Davis I. (1979). Towards an Understanding of Key Issues. *Conference "Disasters and Settlements"*. Disasters Vol. II. Pergamon Press. London.
- Dias, L. F., Lima, P. H. F. (2012). Mapeamento da Espacialidade dos Deslizamentos no Município de Nova Friburgo - RJ. *Anais IX Simpósio Nacional de Geomorfologia*.
- EMBRAPA (2003). *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 29 p.
- ESRI (2020). *Environmental Systems Research Institute*. ArcGIS Pro, versão 2.5.
- Fierz, M. de S. M., Ross, J. L. S. (2008). O uso da metodologia da fragilidade ambiental para elaboração de plano de manejo de parques estaduais. In: *VII-Simpósio nacional de Geomorfologia SINAGEO*, 2008, Belo Horizonte. VII .Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO.
- G1 (2021). Região Serrana InterTV. Disponível em <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2021/01/11/confira-imagens-marcantes-da-tragedia-de-2011-na-regiao-serrana-do-rj.ghhtml>, acesso em Nov 2022.
- Geraldes, M. C., Nummer, A. R., Tupinambá, M., Schmitt, R da S., Heilbron, M., Almeida, J, C, H de, Dios, F. B. de (2009). MAPA GEOLÓGICO - FOLHA CASIMIRO DE ABREU SF23-Z-B-III. Estado do Rio de Janeiro, escala 1:100.000. Rio de Janeiro: CPRM.
- Grigoriev, A. A. (1968). Os fundamentos teóricos da moderna geografia física. In: *The Interaction of Science in the Study of the Earth*. Moscou.
- Guimarães, F. S., Cordeiro, C. M., Bueno, G. T., Carvalho, V. L. M., Nero, M. A. (2017). Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 18, n. 1, 155-167.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, Bartorelli, A. (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca. 900 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2021). *Cidades e Estados - Nova Friburgo* - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/nova-friburgo.html>, acesso em Nov de 2022.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1966). Folhas Topográficas. Escala 1:50000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>, acesso em: Nov de 2022.
- INEA/RJ - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2022). Portal GEOINEA - Canal de compartilhamento de informações geoespaciais. Disponível em www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/informacoes-geoespaciais/, acesso em Out de 2022.
- Lepsch, I. F. (2011). *19 Lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Mapbiomas (2020). *Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Disponível em https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR, acesso em Out de 2022.
- Marques Neto, R. (2020). *Cartografia Geomorfológica - Revisões, Aplicações e Proposições*. Curitiba: CVR.
- Marques Neto, R., Zaidan, R. T., Menon, W., Moura, A. B. A. P. de (2014). Estrutura e Dinâmica da Paisagem no Município de Lima Duarte (MG): Uma Abordagem Geoecológica. *Revista Caminhos da Geografia*, v. 15, n. 52. p. 134-150. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26076/15965>
- Messias, C. G., Ferreira, M. C. (2017). Aplicação do método de classificação contínua fuzzy para o mapeamento da fragilidade do terreno em relação à ocorrência de ravinas no Parque Nacional da Serra da Canastra. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 39, p. 111 - 127. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42914>
- Nunes, B. A., Ribeiro, M. I. C., Almeida, V. J., Natali Filho, T. (1994). Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE. 113p. (*Série Manuais Técnicos em Geociências*, n. 5).
- Pinho, G. M., Franciso, C. N., Salgado C. M. (2013). Análise Espacial dos Movimentos de Massa em Nova Friburgo/RJ. O caso do Desastre Natural de Janeiro de 2011. *Rev. Tamoios*, São Gonçalo (RJ), ano 09, n. 1, 16-27.
- PMNF - PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA FRIBURGO (2007). Plano Diretor Participativo de Nova Friburgo - CD- ROM. Prefeitura municipal de Nova Friburgo/ Programa Pró-Cidade.
- Rocha, L. P., Dourado, F., Silva, A. F. e Santos, T. D. (2021). Risco Geológico: Uma Abordagem Integrada entre Métodos de Mapeamento Geotécnico Analisados em Nova Friburgo, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, 1-18.
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8, São Paulo, 63-74.
- Ross, J. L. S. (1990). *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Ed. Contexto.

- Ross, J. L. S. (1992). O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 6, 17-30.
- Silveira, A., Cunha, C., C. M. L. da (2010). Geografia, *Rio Claro*, v. 35, n. 3, set./dez., 573-588.
- Tamanini, M. S. A (2008). *Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária - PR (Dissertação de Mestrado em Geografia)*. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 105 p.
- Tavares, A. B., Amorim, S. (2011). *A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas*. Brasília: ANESP.
- Torres, F. T. P., Marques Neto, R., Menezes, S. de O. M. (2012). *Introdução à Geomorfologia*. São Paulo: CengageLearning.
- TOPODATA (2022). Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>, acesso em Out de 2022.
- Tupinambá, M., Gontijo, A., Silva, T. M. D., Dias, D. A., Menezes, P. D. T. L., Mane, M. A., ... & Silva, F. D. L. D. (2012). Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Rio de Janeiro: CPRM, 136 p.
- Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 97 p.
- USDA (1951). *SoiJ Survey Staff - SoiJ Survey Manual*. Washington, (USDA Handbooks, n.l.8), 225-230.
- Villela, S. M. & Matos, A. (1975). *Hidrografia Aplicada*. São Paulo: McGraw - Hill do Brasil, 245 p.



RISCOS



RISCOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA OCUPAÇÃO IRREGULAR:
ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DO PASSARINHO, RECIFE-PE*

21

ENVIRONMENTAL RISKS ARISING FROM IRREGULAR OCCUPATION:
CASE STUDY IN THE NEIGHBOURHOOD OF PASSARINHO, RECIFE-PE

Clara Lôbo do Nascimento Passos¹

lcls@poli.br

ORCID 0000-0002-9285-5473

Kalinny Patricia Vaz Lafayette¹

klafayette@poli.br

ORCID 0000-0002-7954-2317

Thiago Augusto da Silva¹

Thiago.silva@ufpe.br

ORCID 0000-0002-2751-6002

¹Universidade de Pernambuco (Brasil)

Escola Politécnica da Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil

Luciana Cássia Lima da Silva¹

lucianacassialima@hotmail.com

ORCID 0000-0001-6929-9686

RESUMO

O conhecimento da expansão urbana em uma área é de fundamental importância para a identificação das dinâmicas ambientais, econômicas e sociais. Entretanto, o rápido crescimento de forma desordenada e sem o devido planejamento, de algumas cidades no Brasil ao decorrer das últimas décadas, permitiu o surgimento de diversos desafios para os governantes e também para as populações urbanas. Na Região Metropolitana do Recife (RMR) não foi diferente e, como resultado, é evidente o crescimento de ocupações irregulares em áreas ambientalmente frágeis, como as regiões de encostas. Essas estruturas sofrem alterações intensificadas pela ação antrópica, que são agravadas no período de inverno com as fortes chuvas, resultando em perdas ambientais, materiais e humanas. O estudo teve por objetivo fazer uma avaliação de uma área impactada por deslizamento de terra com vítimas fatais, localizada no bairro do Passarinho em Recife-PE. A análise temporal de uso e ocupação do solo teve como base mapas vetorizados e georreferenciados, entre os anos de 1975-2022, onde foi verificado um crescimento expressivo da mancha urbana (4.119,05 %), enquanto a cobertura mais afetada foi à vegetação (-30,13 %). Também foi observado que os impactos ambientais locais variam entre médio e alto grau, com altos níveis de risco para os resíduos sólidos urbanos e saneamento ambiental (água e esgoto). Os resultados obtidos são fundamentais para definição de prioridades nas áreas ocupadas de forma desordenada e sem planejamento, através de ações de mitigação e compreensão dos riscos ambientais, aos quais a comunidade está exposta.

Palavras-chave: Áreas de risco, ação antrópica, análise temporal.

ABSTRACT

Knowledge of urban expansion in an area is of fundamental importance for identifying environmental, economic and social dynamics. However, the disorderly rapid growth without due planning of some cities in Brazil over the last few decades has led to several challenges emerging for governments and urban populations. It was no different in the Metropolitan Region of Recife (RMR) and, as a result, the growth of irregular occupations in environmentally fragile areas, such as hillside regions, is evident. These structures undergo changes intensified by human action, and these are aggravated in the winter period by heavy rains, which result in environmental, material and human losses. The study aimed to assess an area impacted by a landslide with fatal victims, located in the Passarinho neighbourhood in Recife/PE. The temporal analysis of land use and occupation was based on vectorized and georeferenced maps, between the years 1975-2022, where there was significant growth of the urban area (4,119.05 %), with the most affected coverage being the vegetation (-30.13 %). It was also noted that the local environmental impacts vary between medium and high degree, with high levels of risk for urban solid waste and environmental sanitation (water and sewage). The results are essential for defining priorities in areas occupied in a disorderly and unplanned manner, through mitigation actions and understanding of the environmental risks to which the community is exposed.

Keywords: Risk areas, anthropic action, time analysis.

* O texto deste artigo foi submetido em 15-03-2023, sujeito a revisão por pares a 16-03-2023 e aceite para publicação em 30-09-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A crescente urbanização e consequente expansão dos espaços urbanos provocam diferentes modificações no ambiente, reforçando a conversão dos espaços e ambientes naturais pela ação humana (Santos, 2022; Pereira, Nunes e Araújo, 2021). Essas transformações ambientais, culturais, políticas e econômicas culminam em processos modificadores do território, afetando a paisagem e os tipos de uso e ocupação do solo, causando efeitos danosos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais, perda de biodiversidade, emissões de carbono, escassez de água, condições meteorológicas extremas e poluição ambiental, ameaçando de uma forma geral a sustentabilidade ambiental (Carvalhais *et al.*, 2019, Chao *et al.*, 2023, Chen *et al.*, 2023, Jiang *et al.*, 2020, Li *et al.*, 2020, Rusk *et al.*, 2021, Schleder, 2020, Shen *et al.*, 2023, Silva e Ferreira, 2019, Silva, 2020).

O desenvolvimento de algumas cidades, sem planejamento e com infraestrutura deficiente, contribui para a redução dos índices socioambientais, e põem em risco a saúde e bem-estar da população, que ficam vulneráveis aos processos de deslizamentos (Moraes, 2018, Miranda e Lima, 2021, Silva, Silva e Schuler, 2018).

O conhecimento sobre as características da urbanização com os deslizamentos são úteis para coordenar a relação com o meio ambiente em uma área tão ecologicamente frágil, o que torna urgente realizar um estudo detalhado da expansão do solo urbano no espaço e no tempo (Rimal *et al.*, 2019, Tsagkis, Bakogiannis e Nikitas, 2023).

As grandes cidades, principalmente nos países emergentes como o Brasil, abrigam problemas ambientais, econômicos e sociais que são reflexo da desigualdade social e do déficit de recursos técnicos e financeiros (Gosrki, 2008). Desde os anos 70, a urbanização acelerada associada a políticas públicas de controle do desenvolvimento omissas, gerou desequilíbrio urbano, problemas sociais e ambientais (Bandim e Galvinício, 2021, Soares e Moraes, 2019).

Em razão de limitações à ocupação legal, restou à população menos favorecida, apropriar-se de terrenos com menor valor de mercado e iniciar um processo de autoconstrução, o que significou estabelecer morada em áreas de risco socioambiental.

Devido às suas características climáticas, geológicas e geomorfológicas, o Brasil é um país que está naturalmente exposto a ocorrências de deslizamentos. Essa situação se agrava ao longo do litoral onde, além de concentrar as maiores cidades do país e, portanto, maior contingente populacional, as condições físicas e meteorológicas agravam a instabilidade das encostas com a combinação de altos índices pluviométricos e de relevos compostos por vertentes acentuadas (Pinto *et al.*, 2012).

Em países emergentes uma das principais causas relacionadas ao número de mortes é devido aos deslizamentos. Esse problema se dá em virtude da falta de conhecimento da população quanto aos perigos e riscos relativos a esses processos, os quais são agravados com a escassez de investimentos e/ou falta de recursos (Corominas *et al.*, 2014, Petley, 2012).

A urbanização desordenada influencia diretamente nos impactos e desastres ambientais, uma vez que a população ao ocupar essas áreas inapropriadas, precisa modificar o ambiente natural (Carvalhais, Moraes, Silva e Bernardes, 2019).

Em 2010, o município do Recife alcançou sua total capacidade urbanística. O crescimento populacional da cidade e a expansão desordenada se desenvolveram de forma tal, que viabilizaram a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a processos geodinâmicos: os morros. Nesse âmbito, as ações antrópicas associadas às feições naturais do terreno, influenciam na ocorrência de deslizamentos, sobretudo nos setores nordeste, norte e noroeste da cidade (Silva e Ferreira, 2019).

A Região Metropolitana do Recife (RMR) tem registro de deslizamentos relacionados a eventos extremos de precipitação, principalmente, nos municípios de Recife, Olinda, Camaragibe, Abreu e Lima e Jaboatão dos Guararapes, estes com vítimas ou não. Entretanto, esse problema se tornou mais grave a partir da década de 1980, quando foram registradas diversos escorregamentos na zona norte de Recife (no período de 1993-1996 foram registrados 757 escorregamentos), que causaram em média 50 mortes por ano (Gusmão, 1997). A população mais pobre, submetida à ocupação das áreas de encostas, é a que mais sofre com as situações de risco e suas consequências. A urbanização acelerada da região provocou a degradação dos elementos ambientais naturais do território, onde são visíveis manifestações erosivas (voçorocas e sulcos), retirada da cobertura superficial do solo pela ação das chuvas nas vias não pavimentadas, deslizamentos de taludes e processos de assoreamento (Cavalcanti *et al.*, 2016).

Os deslizamentos são fenômenos de origem natural influenciados pelo tipo de solo, relevos acidentados e chuvas intensas. Entretanto, são potencializados pela ação antrópica como: remoção da cobertura vegetal; construções inadequadas e descarte irregular de resíduos. Ocorre com mais frequência em áreas de relevo acidentado, como serras e morros, e é caracterizado pelo movimento descendente do solo e/ou fragmentos de rocha e outros detritos pelas encostas, tendo a força gravitacional como agente deflagrador fundamental (Guitarrara, 2022, He *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, o aumento significativo dos deslizamentos nas encostas urbanas está vinculado à ocupação desordenada do território em áreas com

alta suscetibilidade aos riscos ambientais. Juntamente conectado a isto, verifica-se um aumento na frequência e na intensidade de eventos de chuva devido a mudanças climáticas (Cordero *et al.*, 2009).

Estas mudanças ambientais são resultantes da degradação do meio ambiente e podem tornar certas áreas mais vulneráveis, piorando, assim, a qualidade de vida das populações que nelas vivem. Somadas a isso, as desigualdades sociais geram as dificuldades que alguns grupos têm em habitar espaços melhores, então morar em loteamentos irregulares passa a ser uma solução habitacional para os mais pobres (Cardoso, 2006).

Embora as moradias estejam expostas ao mesmo evento físico, esta exposição ocorre de forma diferente devido à presença de vulnerabilidades distintas entre uma comunidade e outra, o que pode ocasionar aumento, redução ou manutenção da exposição ao risco (Kuhnen, 2009).

Segundo Barros Junior e Silva (2018) a produção de uma base de dados de indicadores ambientais, viabiliza um planejamento compatível à concepção de atividades econômicas e de preservação e conservação ambiental.

Face ao exposto, este estudo se faz necessário no intuito de contribuir para o entendimento da evolução da ocupação desordenada e sem planejamento em uma encosta no município de Recife, bem como, avaliar os riscos ambientais decorrentes desse processo, a fim de levantar dados que auxiliem na produção de planos de desenvolvimento urbano, na mitigação dos desastres naturais para uma melhor qualidade de vida para população residente em áreas afetadas por este processo.

Caracterização da área

A área em estudo é formada por um conjunto de encostas localizadas no bairro do Passarinho, município de Recife, capital do Estado de Pernambuco (fig. 1). A escolha do local foi influenciada pela ocorrência de movimento de massa em uma encosta, em 24 de julho de 2019, causando a morte de um casal de idosos. Segundo Recife (2019b), nos cinco dias que antecederam o acidente choveu 357 mm, ou seja, valor compatível a 20 dias da média histórica do período. Na madrugada do dia 24 de julho de 2019, choveu 102 mm em seis horas, elevando a situação de perigo para a população residente em áreas de risco.

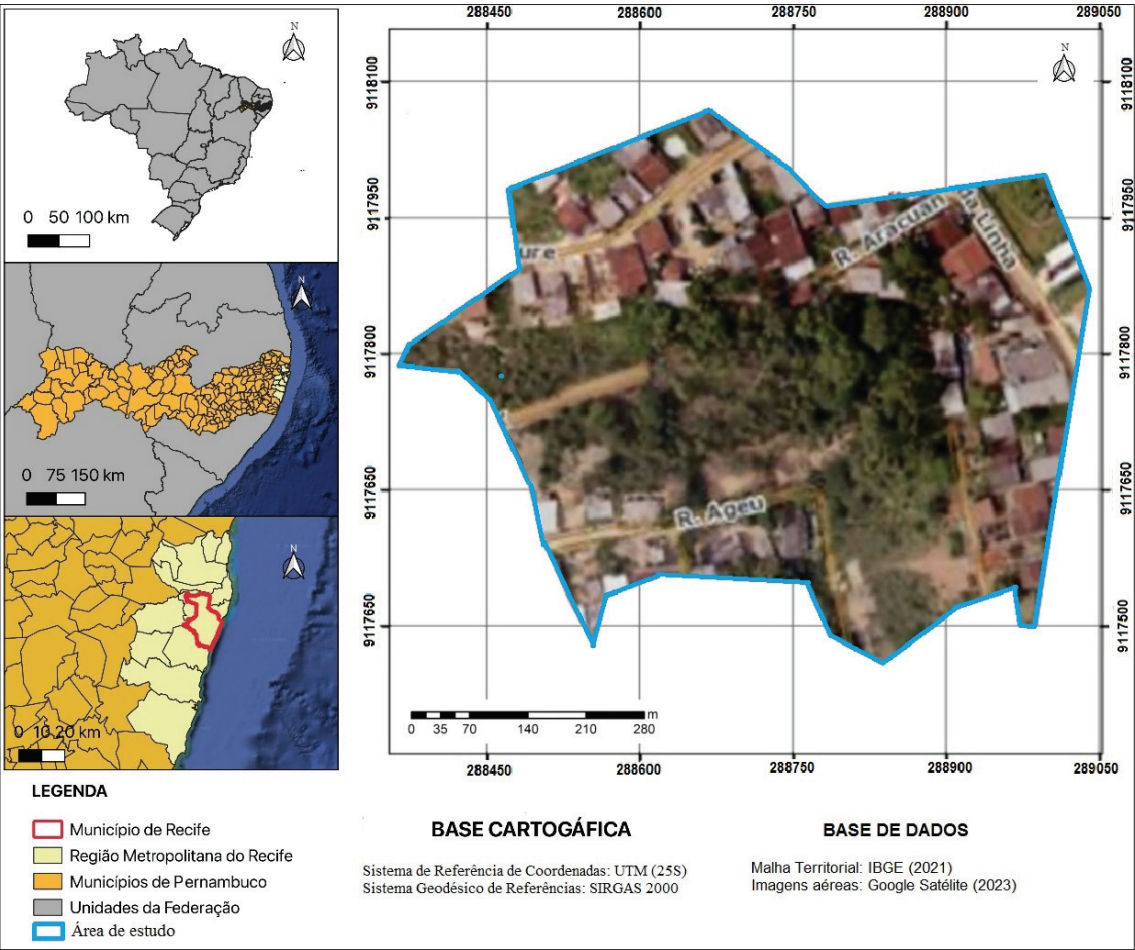


Fig. 1 - Localização da área de estudo (Elaborado em 2023).

Fig. 1 - Location of the study area (Developed in 2023).

O bairro do Passarinho está localizado na divisa entre os municípios de Recife, Paulista e Olinda. No município de Recife, esta área faz parte da Região Política Administrativa 3 (RPA 3), e possui o equivalente a 406 hectares, com uma população residente que correspondente a aproximadamente 20.305 habitantes. Sua densidade demográfica equivale a 49,98 habitantes por hectare, tendo uma média de moradores por domicílio igual a 3,5 e renda média mensal por domicílio correspondente a R\$ 824,02 reais (Recife, 2019a).

As edificações encontradas no bairro evidenciam a falta de padrão construtivo bem como a falta de controle na construção das residências. Foram identificadas construções (à época condenadas e interditas pela Defesa Civil) presentes no limite superior da encosta, e um sistema de drenagem precário com águas de rejeito correndo a céu aberto, além de deposição de resíduos domiciliares.

A vegetação atual do Recife e da Região Metropolitana é composta, de maneira geral, pelos testemunhos da vegetação original, constituída principalmente pela Mata Atlântica e pelos Manguezais (Santos, 2016).

A urbanização acelerada juntamente com a abertura de áreas para a construção de moradias, provocou a extensa retirada da vegetação nativa, o que tem causado grandes alterações das suas características. Aliado a isso, a população tem implementado espécies vegetais, que representam considerável perigo para a estabilidade local, por possuírem raízes curtas e retentoras de água, como é o caso dos mamoeiros e das bananeiras.

Recife possui clima tropical úmido, característico do litoral nordestino, que recebe influência de massas tropicais marítimas, possui temperaturas estáveis ao longo do ano, médias mensais superiores a 18°C, amplitude térmica anual de até 5°C e índice pluviométrico superior a 2.000 mm anuais; recebe classificação As' segundo Köppen-Geiger (Villa verde, 2019, Santos, 2016). Segundo a APAC (2021), os meses mais chuvosos no município correspondem ao período de março a julho, ou seja, outono e inverno.

Quanto a geomorfologia (fig. 2), o município de Recife está inserido em três unidades morfoestruturais, sendo eles, planícies litorâneas, planícies e terraços fluviais, tabuleiros orientais do nordeste e o piemonte oriental do planalto da Borborema, sendo cerca de 75 % de seu território composto por encostas que, por meio de ações antrópicas, podem adquirir comportamentos instáveis.

Segundo a EMBRAPA (2022), os tabuleiros costeiros abrangem planaltos de origem sedimentar, com vales estreitos e declives acentuados, com fundos de amplas várzeas e declividade suaves e abertas. Sob o mesmo contexto, as planícies litorâneas e fluviais são formadas por processos relacionados à erosão, transporte e

deposição de sedimentos. O piemonte oriental da Borborema é um relevo de degradação em um maciço cristalino pré-cambriano com uma vasta superfície plana intercalada com morros amplos a montanhosos (Ferreira, Dantas e Chinzato, 2014).

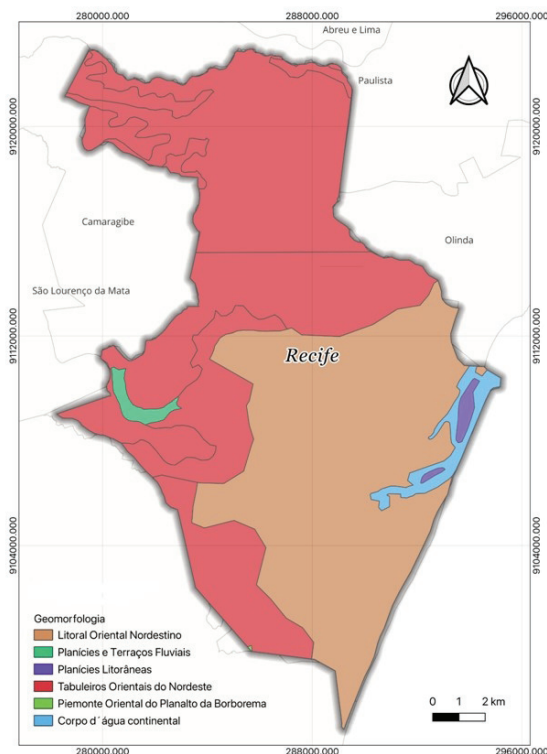


Fig. 2 - Mapa de geomorfologia (Elaborado em 2023).

Fig. 2 - Geomorphology map (Developed in 2023).

No que se refere a pedologia, conforme Villa Verde e Santos (2019), o solo do município de Recife tem como maior influência a presença de características areno-argilosa, haja vista, a formação do embasamento cristalino e o acúmulo de areia, de características argilosas, dos corpos hídricos.

Nas áreas de colinas e tabuleiros do município de Recife há a presença dos solos tipo Latossolos Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelo. Nesse contexto, os Argissolos são caracterizados como solos profundos, moderadamente a bem drenado, mais influentes na ocorrência de deslizamentos, haja vista, serem encontrados em relevos mais acidentados, dissecado e relevo ondulado (Jatobá e Silva, 2022).

Quanto aos Latossolos, estes, são solos altamente intemperizados, bem drenados, associado a relevos planos e suave ondulado (Bócoli, 2021). Estes solos possuem baixa fertilidade devido sua composição ser formada por óxidos de ferro, alumínio, sílico e titânio (Jatobá e Silva, 2022). Há também, sedimentos conglomeráticos constituídos por cascalhos centimétricos de quartzo

envolto em matriz arenosa grossa que geralmente ocorre intercalada com camadas arenosas; nessas camadas, estruturas sedimentares não estão presentes. Além do mais podem ocorrer brita, blocos centimétricos de concreções ferruginosas e blocos de argila. Estas características indicam que sua formação ocorreu devido a processos de fluxo de detritos de alta energia em um ambiente de leques aluviais (Fontoura, Coutinho e Silva, 2023).

Na fig. 3, pode-se observar que a cidade de Recife possui uma predominância de áreas urbanas. Ainda é possível observar pequenas massas de gleissolos, solos hidromórficos presentes em áreas encharcadas; argissolos vermelho- amarelo, influentes na ocorrência de deslizamentos e latossolo amarelo que são observados nas encostas (EMBRAPA, 2001, Santana, 2020).

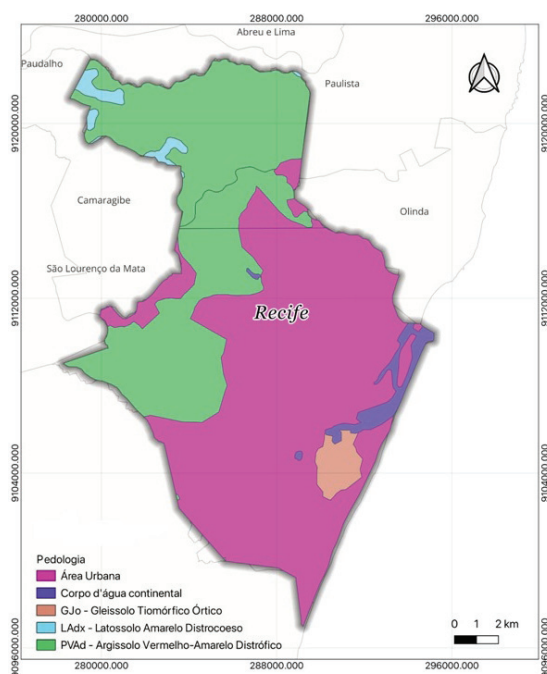


Fig. 3 - Mapa de pedologia (Elaborado em 2023).

Fig. 3 - Pedology map (Developed in 2023).

Os deslizamentos que ocorrem periodicamente em Recife, principalmente nas áreas norte, nordeste e noroeste (onde se encontra o bairro do Passarinho), são resultados das configurações geomorfológicas favoráveis estimuladas pelas ações antrópicas (Silva, Barbosa e Duarte, 2019). O corte da barreira para construção de moradias, a retirada da vegetação e os efeitos advindos da ocupação humana (construção de fossas, esgoto, acúmulo de lixo) auxiliam nos efeitos de desestabilização, gerando condições propícias aos deslizamentos (Corrêa, 2006).

Metodologia

A análise dos dados e avaliação quantitativa foi realizada a partir da vetorização e georreferenciamento

das ortofotocartas e imagem de satélite dos anos de 1975, 1986, 2018 e 2022. Para os anos de 1975 e 1986, foram obtidas ortoimagens, em formato digital (TIFF), pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), oriundas de levantamentos aerofotogramétricos, sendo as de 1975 produzidas no Sistema Geodésico de Referências (SGR) Córrego Alegre e as de 1986 no SAD69, ambas no Sistema de Projeção UTM (25 S) e com escala 1:10.000. Com o auxílio do ESIG (Informações Geográficas do Recife), plataforma SIGWeb monitorada pela Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), foi obtida a ortoimagem relativa ao ano de 2018, que também foi produzida por levantamento aerofotogramétrico, porém no Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS 2000) e no Sistema de Projeção UTM (25 S) e em escala 1:10.000. Por fim, com auxílio do Google Earth versão 7.3.2, foi obtida a imagem aérea para o ano de 2022, oriunda de captura de satélite, no SGR WGS84.

Nos mapas digitais foram identificadas as feições que caracterizaram o uso e ocupação do solo ao longo dos anos, permitindo, assim, uma análise com base nos dados numéricos referentes às áreas ocupadas por cada tipo de uso e correspondentes percentuais de área.

De acordo com Corominas *et al.* (2014), a análise quantitativa do risco é importante, pois possibilita a quantificação do risco de forma prática que pode ser reproduzida e os produtos do estudo comparados entre áreas, locais e regiões. Além disso, viabiliza suporte na priorização de ações de mitigação e gestão dos riscos e auxilia uma adequada destinação de recursos.

As ortofotocartas obtidas na FIDEM (2003) e as imagens de satélite obtidas através do Google Earth Pro Versão 7.3.2, foram manipuladas, vetorizadas e georreferenciadas com uso do software QGIS Versão 3.0.1, baseado no Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS, 2000) e na da Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), no fuso 25S.

Para realizar o georreferenciamento das ortofotocartas datadas de 1975, foi utilizada a função “Georreferenciador” do menu “Raster” no QGIS 3.0.1. Foi em seguida, adicionado o arquivo matricial, no formato .jpeg, e indicados os pontos de controle a partir das coordenadas apresentadas na própria imagem. A configuração dos parâmetros de transformação foi do tipo polinomial 1 e o método de amostragem vizinho mais próximo. As ortofotocartas datadas de 1986 foram adquiridas no formato .tiff, portanto, já estavam georreferenciadas.

Quanto às características das ortofotocartas, dos anos 1975 e 1986, estão na escala 1:10.000 com Datum Vertical Marégrafo de Imbituba - SC e Datum Horizontal Córrego Alegre. A imagem de satélite para o ano de 2018 foi extraída em sistema geodésico de referência

WGS84. A imagem aérea utilizada na confecção do mapa de uso do solo para o ano de 2022 foi obtida a partir do *Google Satellite*, a qual foi disponibilizada no *plugin "QuickMapServices"* do QGIS 3.10.9, onde foi manipulada em coordenadas UTM (Fuso 25 S) no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000).

Para a confecção do mapa de uso do solo para o ano de 2022, foi efetuada uma análise visual foto interpretativa das classes de uso e ocupação da região de estudo, sendo elas: mancha urbana, sistema viário, solo exposto e vegetação. Para identificação dessas classes, foi criada no QGIS 3.10.9 uma camada, no formato vetorial *shapefile*, do tipo polígono para cada categoria. Após serem definidos os polígonos, foi possível, então, calcular suas áreas de ocupação e quantificar as modificações ocorridas na região em relação aos anos anteriores estudados.

As curvas de nível foram extraídas a partir do modelo digital de elevação (MDE), provenientes do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e, para realizar essa etapa, foi utilizada no QGIS 3.0.1 a opção "Contorno" do menu "Raster", em que foi indicada a equidistância de um metro entre cada curva.

A análise temporal do uso e da ocupação do solo foi realizada com base na evolução dos tipos de cobertura presentes na área no decorrer dos anos como mancha urbana, solo exposto, vegetação e sistema viário.

Após a identificação das classes de uso e ocupação do solo, foram confeccionados os mapas temáticos para os períodos estudados. Para isso, foi criado no QGIS uma camada, no formato vetorial (*shapefile*) do tipo polígono, para cada classe alvo do estudo. A geração dessas camadas se deu a partir de análise supervisionada, ou seja, foram definidas por meio de restituição estereofotogramétrica, que foi disponibilizada pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP).

Desta maneira, foi possível quantificar as áreas de cada classe identificada no uso e ocupação do solo, através da calculadora de campo, disponibilizada pela tabela de

atributos dessa camada. O percentual de contribuição de cada classe de uso e ocupação do solo elencada, em relação à área total da região estudada, foi determinada segundo a Equação 1:

$$Ac(\%) = \frac{Ac}{At} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Ac (%): Percentual de contribuição da área de classe de uso e ocupação do solo;

Ac: Área da classe de uso e ocupação do solo (ha);

At: Área total da região estudada (ha).

A análise qualitativa foi realizada com base na adaptação da metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) fundamentada nos estudos de Nascimento (2019) e Silva (2020), os quais, baseados em Stamatis (2003), empregam parâmetros orientados a ambientes urbanos de encostas. A FMEA é uma metodologia de análise que tem o intuito de definir, identificar e eliminar problemas, conhecidos ou potenciais, que pode ser executada de maneira contínua para melhoramento do sistema (Stamatis, 2003).

Para aplicação da FMEA e determinação do Índice de Risco Ambiental (IRA) devem ser consideradas quatro variáveis de análise: ocorrência de impactos (O), índice de gravidade (G), detecção (D) e abrangência (A). Para cada variável há três níveis de risco (baixo, médio e alto) e três valores (pesos) correspondentes os quais são a base de cálculo para determinar o IRA. Desse modo, viabiliza-se uma escala hierarquizada de relevância para cada risco analisado (TABELA I), indicando que quanto maior o IRA mais grave será o risco (Wenceslau e Rocha, 2012, Nascimento, 2019, Silva, 2020).

A ocorrência (O) está atrelada à frequência de ocorrência do impacto. O índice de gravidade (G) está relacionado a magnitude decorrente do dano ambiental e seu impacto temporal no ambiente. A detecção (D) está relacionada à facilidade de percepção do impacto no sistema. A abrangência (A) é classificada de acordo com o alcance dos efeitos locais, (Wenceslau e Rocha, 2012, Nascimento, 2019).

TABELA I - Variáveis para análise qualitativa.

TABLE I - Variables for qualitative analysis.

Parâmetros	Grau Baixo	Grau Médio	Grau Alto
	Peso 1	Peso 2	Peso 3
Ocorrência de Impactos Ambientais (O)	Semestralmente ou Anualmente	Mensalmente	Diariamente
Índices de Gravidade (G)	Impacto ao ambiente em longo prazo (anos)	Impacto ao ambiente em curto prazo (meses)	Impacto imediato ao ambiente e à saúde
Detecção de Impactos Ambientais (D)	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de métodos sofisticados	O impacto ambiental é percebido com a utilização de análise simples (mapas temporais, ensaios <i>in situ</i>)	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente
Abrangência dos impactos ambientais (A)	O impacto ambiental é localizado	O impacto ambiental afeta os limites da região	O impacto ambiental afeta regiões vizinhas

Fonte/Source: Nascimento et al., 2019).

Resultados

Análise Quantitativa: Análise temporal das ocupações

As elaborações de mapas, a partir do georreferenciamento e da vetorização das ortofotocartas e imagem de satélite dos anos de 1975, 1986, 2018 e 2022, permitiram as identificações e comparações das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo, que se desenvolveram ao longo dos 47 anos no bairro do Passarinho em Recife/PE.

De acordo com Moreira *et al.* (2015) e Paixão *et al.* (2020) o emprego de geotecnologias é fundamental para análise e compreensão da organização do território. Essas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), capazes de mensurar as atividades de uso e ocupação do solo, contribuem para a análise de degradação das áreas e suas consequências.

Santos (2020) e Rodrigues *et al.* (2019) destacam a importância do mapeamento da cobertura de uso e ocupação do solo como forma de auxílio ao diagnóstico e planejamento ambiental através da análise temporal e identificação de tendências de comportamento durante o período de estudo.

Mangussi Filho *et al.* (2022) descrevem que a aplicação dos sistemas de informações geográficas é bastante eficiente no diagnóstico da ocupação espaço temporal do solo, pois se baseiam na justificativa da relevância de se ter um estudo com enfoque nas mudanças de uso e ocupação do solo por meio da representação por mapas, ou seja, na ótica por trás da espacialização ocupacional da terra, mostrando que a diminuição da deterioração ambiental quando do benefício da manutenção qualitativa social, é de interesse de gestores municipais e/ou federais.

A partir das novas cartas digitais, foi possível quantificar, assim como, perceber a dinâmica de mudanças das quatro classes de ocupações do solo analisadas e sua correspondente proporção, conforme (TABELA II). Nota-se um padrão evolutivo para duas feições: vegetação e mancha urbana, onde tais feições se desenvolveram de maneira oposta. Enquanto a presença de vegetação diminuiu ao longo dos anos, de 19,25 para 13,45 hectares, a mancha urbana aumentou rapidamente evoluindo de 0,21 para 8,86 hectares, podendo ser verificada na fig 4.

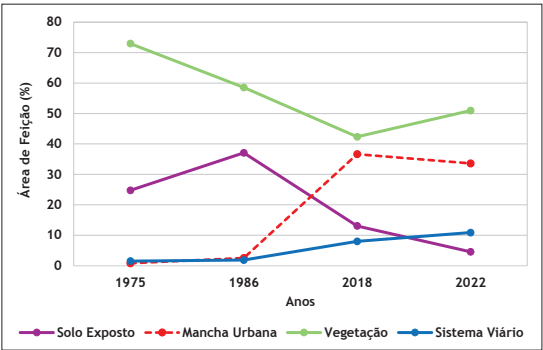


Fig. 4 - Área e porcentagem correspondentes a cada feição (Elaborado em 2023).

Fig. 4 - Area and percentage corresponding to each feature (Developed in 2023).

A análise das tipologias de uso e ocupação do solo permite obter um panorama da ocupação espacial da área, em que observa-se que essa ocupação não ocorreu de forma ordenada e gradativa, pois as mudanças não seguem um padrão geral definido (TABELA III).

TABELA III -Taxa de variação da ocupação (1975 - 2022).

TABLE III - Occupancy variation rate (1975 - 2022).

Feição	Taxa de Variação (%)			
	1975-1986	1986-2018	2018-2022	1975-2022
Sol Exposto	49,77 %	-64,82 %	-65,11	-81,62 %
Mancha Urbana	214,28 %	1356,02 %	-8,28	4119,05 %
Vegetação	-19,74 %	-27,66 %	20,40	-30,13 %
Sistema Viário	25,64 %	332,99 %	36,01	635,90 %

Elaborado em 2023 / Developed in 2023.

Segundo Silva e Lima (2019) o uso e ocupação do solo, promovidos pelas atividades antrópicas, têm grande importância dado o modo de exploração do meio ambiente e seus recursos. De acordo com Barbosa *et al.* (2011) a urbanização desordenada provoca a alteração dos ambientes naturais em ambientes construídos e aumenta significativamente os danos ambientais.

Os dados obtidos nesta pesquisa evidenciam a velocidade de modificação da paisagem no intervalo entre os anos de

TABELA II - Valores de área e porcentagem correspondentes a cada feição.

TABLE II - Area and percentage values corresponding to each feature.

Feição	Área (ha)				Área de Feição (%)			
	1975	1986	2018	2022	1975	1986	2018	2022
Solo Exposto	6,53	9,78	3,44	1,2	24,75	37,08	13,05	4,55
Mancha Urbana	0,21	0,66	9,66	8,86	0,79	2,52	36,63	33,59
Vegetação	19,25	15,45	11,17	13,45	72,97	58,55	42,35	50,99
Sistema Viário	0,39	0,49	2,11	2,87	1,49	1,85	8,00	10,88

Elaborado em 2023 / Developed in 2023.

estudo. Conforme a ortofotocarta de 1975, a vegetação nativa era a classe de ocupação de solo predominante, ocupando o equivalente a quase 73 % da área total (fig. 5). Esse fato está alinhado com a história da urbanização das grandes cidades brasileiras, que teve sua intensificação a partir dos anos 70, como também à própria história do bairro do Passarinho, o qual, de acordo com Alencar (2013), foi fundado efetivamente no ano de 1989.

A mancha urbana presente no primeiro ano do estudo configurava apenas 0,79 % da área, o equivalente a 2.081,52 m². Quanto à taxa de solo exposto, esta constituía aproximadamente ¼ da área, 24,75 %, e ocorria com maior intensidade em terrenos de menor altitude. Após 11 anos, em 1986, houve avanço da mancha urbana que passou a ocupar pouco mais do triplo da área verificada em 1975, passando de 2.081,52 m² para 6.636,25 m².

Pelo mapa é possível constatar que as novas edificações foram instaladas em locais com as mais altas altitudes (60 e 70 metros), ou seja, no topo das colinas (fig. 6). Enquanto isso, ocorreu expressivo aumento do solo exposto que passou a abranger 37,08 % da área, o que significou uma taxa de variação positiva de 49,77 % em relação ao ano de estudo anterior.

Situação semelhante ocorreu em área de encosta com ocupação desordenada no bairro de Nova Descoberta

estudada por Silva (2020). Segundo a autora, ocorreram modificações significativas quanto à vegetação e mancha urbana, entre os anos de estudo 1975 e 1986, enquanto houve redução da primeira, a segunda aumentou aproximadamente 130 %.

Como pode ser notado, o aumento da área de solo exposto se deu em detrimento da área de vegetação natural, a qual sofreu uma alteração de 72,97 % para 58,55 %. Pode-se observar que grande parte dessa transformação ocorreu às margens do sistema viário, o que leva a crer que a retirada vegetal precedeu o processo de avanço da mancha urbana, à medida que a remoção foi realizada ao longo da infraestrutura viária existente.

Rodrigues, Osco, Antunes e Ramos (2019) afirmam que a descaracterização da vegetação local, transformada em áreas descobertas, gera problemas ambientais como a degradação dos recursos hídricos e distúrbios no solo, uma vez que a cobertura natural funciona como proteção principalmente contra a erosão e carreamento de partículas.

De acordo com Fernandes (2015), a ação antrópica favorece a influência da água sobre o solo descoberto dado que a redução da cobertura vegetal, que atua como defesa natural do terreno, expõe o solo à ação das chuvas e águas correntes que culminam no processo erosivo. Portanto, pode-se inferir que, nesse período

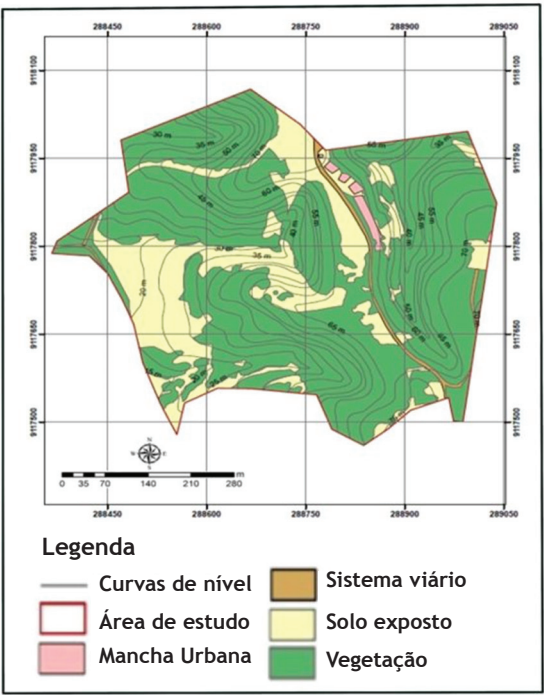


Fig. 5 - Mapa da ocupação territorial (1975)
(Elaborado em 2021).

Fig. 5 - Map of territorial occupation (1975)
(Developed in 2021).

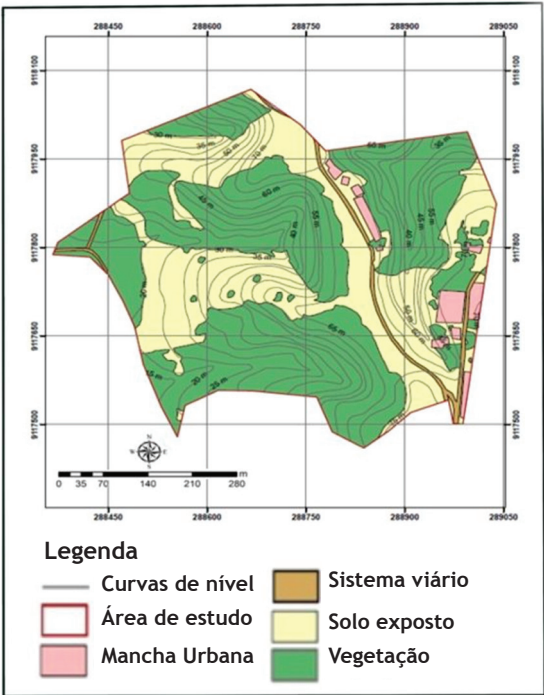


Fig. 6 - Mapa da ocupação territorial (1986)
(Elaborado em 2021).

Fig. 6 - Map of territorial occupation (1986)
(Developed in 2021).

houve aumento dos processos erosivos ocasionados pela falta de cobertura em aproximadamente 40 % da área.

Foram verificadas mudanças significantes nas curvas de nível do terreno, principalmente nas áreas ocupadas pela mancha urbana, indicativo de intensa transformação para acomodação das edificações. Ademais, pelo mapa da (fig 7), fica comprovada que a retirada vegetal e aumento da área de solo exposto em 1986 foi sucedida pelo avanço da mancha urbana.

Comprovando a ocorrência de um processo de ocupação rápido e desordenado, a classe mancha urbana obteve uma taxa de variação de 1356 %, um valor bastante elevado, passando de 2,52 % a 36,63 % da área. A situação observada coincide com os estudos da área com ocupações irregulares de Silva (2020) para um bairro vizinho, Nova Descoberta. Foi constatado elevado aumento da mancha urbana para um mesmo intervalo de tempo, entre 1975 e 2018, resultando numa taxa de crescimento total de mais de 425 % da feição.

Para atender as necessidades da população residente foram abertas vias de acesso e, como resultado, o sistema viário apresentou crescimento de 332,99 % em relação a 1986. De acordo com Santos e Vital (2020), a implementação de calçamento e sistemas de drenagem em zonas urbanas são componentes estruturadores pois atuam na diminuição da erosão. Por fim, o aumento da

mancha urbana teve como consequência à diminuição das áreas de solo exposto, que passaram de 37,08 % a apenas 13,05 %, e da cobertura vegetal, chegando a menos da metade da área, somando 42,35 %, que foi o menor valor encontrado até então.

Fazendo uma avaliação mais recente da área, foi elaborado um mapa de 2022 (fig. 8), onde foi verificado uma taxa de variação negativa de solo exposto e mancha urbana, perfazendo um total de -8,26 % e -65,11 %, respectivamente, em relação ao ano de 2018. O maior acréscimo foi observado no sistema viário de 36, 01 %.

Desta maneira, pode-se concluir que, os dados referentes a um recorte temporal de 47 anos de ocupação da área de estudo no bairro do Passarinho, a feição mancha urbana obteve resultado bastante elevado, com crescimento avaliado em 4.119,05 %, seguida do sistema viário, com 635,90 % de aumento. Em contrapartida, houve redução das áreas de solo exposto, com variação negativa de 81,62 % e, mais preocupante, da área composta por vegetação, que obteve uma redução de 30,13 %.

O aumento da mancha urbana em detrimento da vegetação foi verificado também para outras áreas de encosta da RMR ocupadas desordenadamente. Tal evolução ocorreu em área de encosta estudada por Albuquerque, Carvalho, Ximenes e Lafayette (2017) no município de Jaboatão dos Guararapes, onde se observou 30 % de supressão vegetal

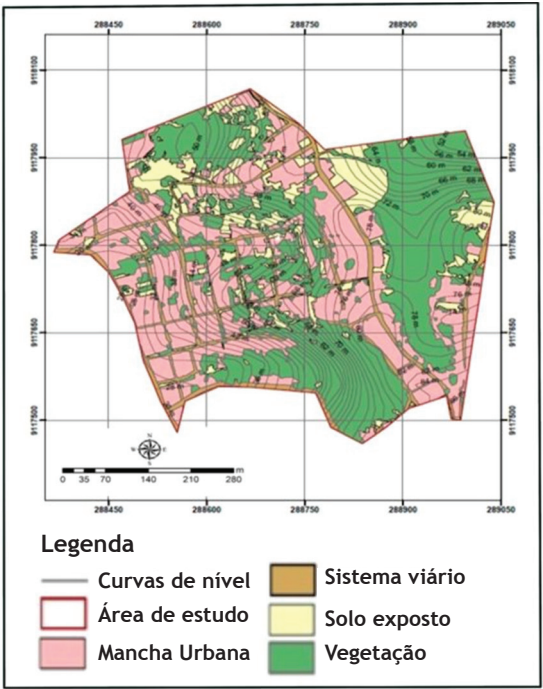


Fig. 7- Mapa da ocupação territorial (2018)
(Elaborado em 2021).

Fig. 7 - Map of territorial occupation (2018)
(Developed in 2021).

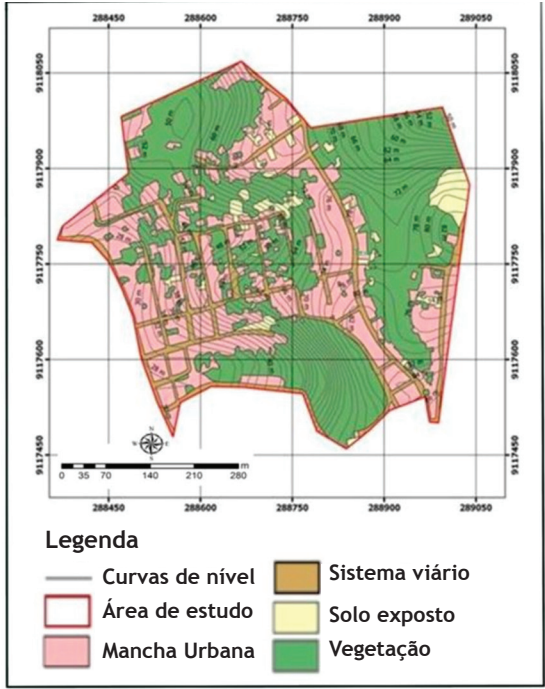


Fig. 8 - Mapa da ocupação territorial (2022)
(Elaborado em 2022).

Fig. 8 - Map of territorial occupation (2022)
(Developed in 2022).

e aumento de 10,4 % de mancha urbana e Nascimento (2019), no município de Olinda com supressão de 63,59 % e aumento de 890 % de mancha urbana.

Análise Qualitativa: Análise dos Riscos Ambientais

Foi observada uma redução significativa da infraestrutura local à medida que há uma aproximação das áreas fronteiriças aos taludes. Foi verificada a inexistência de calçamento nas ruas bem como de sistemas de drenagem para escoamento das águas, esgoto a céu aberto, presença de vegetação rasteira (de raízes curtas) em grande quantidade e tamanho, acúmulo e deposição incorreta de resíduos domésticos e inertes (de construção) e grau precário dos sistemas construtivos dos imóveis. Portanto, constatou-se que quanto mais próximo das áreas propensas a riscos, maior será a vulnerabilidade da população nesta área.

A análise dos riscos ambientais foi realizada baseada nas observações da área de estudo durante a visita em campo, nos registros fotográficos e mapas digitais. Tendo essas três fontes de observação e estudo, foram verificados cinco impactos ambientais, seus efeitos e possíveis causas. Para cada impacto foi atribuído um peso relativo a cada uma das quatro variáveis analisadas e o resultado da soma dos pesos indica o Índice de Risco Ambiental (IRA) de cada impacto (TABELA IV).

O índice de risco ambiental máximo é 12. Pode-se perceber que os impactos analisados obtiveram IRA maior ou igual ao valor médio “6”. Apenas um deles obteve valor médio, os outros quatro obtiveram valores de risco alto, maiores que “9”, porém, nenhum deles atingiu o nível de risco máximo “12”. A área é típica de ocupações irregulares de edificações predominantemente residenciais.

Supressão Vegetal

Foram identificados resíduos de árvores e terrenos com solo exposto, características que indicam a supressão da vegetação nativa, impulsionado pela invasão urbana (fot. 1). Esse fato é confirmado se compara com os mapas temporais, com a evolução da ocupação do solo em que as áreas onde antes havia vegetação, foram predominantemente ocupadas pela mancha urbana.



Fot. 1 - Resíduos vegetais em terreno com solo exposto (Fotografia dos autores, tirada em 2021).

Photo 1 - Plant residues on land with exposed soil (Photograph taken by the authors in 2021).

Além disso, a supressão vegetal abre espaço para a implementação de espécies não-nativas, como foi identificado “*in loco*”. Foram observados também, vários tipos de vegetações de grande porte (bananeiras, coqueiros e mamoeiros), que devem ser evitados, pois aumentam os riscos de deslizamentos.

Segundo Silva (2020), o processo de supressão vegetal amplia o arraste gradativo das camadas superficiais, além de diminuir a capacidade de carga e de absorção de água

TABELA IV - Análise dos riscos ambientais.

TABLE IV - Analysis of environmental risks.

Parâmetros dos Impactos Ambientais			Resultados				
Impactos Ambientais	Efeitos	Possíveis Causas	O	G	D	A	IRA
Supressão vegetal	Solo exposto; Redução da taxa de infiltração pluvial; Redução da biodiversidade; Substituição por espécies impróprias	Novas construções; aberturas de vias; Expansão de áreas urbanas	1	3	3	3	10
Deposição irregular de resíduos sólidos	Acúmulo de resíduos nas bermas da encosta; Obstrução de galerias e drenos; Poluição das águas	Coleta pública ineficiente; Carência na educação ambiental	3	2	3	3	11
Saneamento Ambiental (Água e Esgoto)	Esgotamento sanitário e captação de águas deficientes; Contaminação da água	Infraestrutura deficiente; Falta de planejamento ambiental	3	2	3	3	11
Urbanização Irregular	Impermeabilização da cobertura natural; Cortes irregulares no terreno natural/ taludes; Tipologias construtivas irregulares	Falta de fiscalização dos órgãos públicos; Falta de instrução aos moradores	3	1	3	2	9
Processos erosivos	Deslizamentos; Redução da capacidade do solo em suportar cargas	Alterações na estrutura do solo; Solo exposto; terraplanagem e fundações	1	2	1	2	6

das chuvas pelo solo. De acordo com Villa Verde e Santos (2019) e Lisboa, Barros e Nascimento (2020), a ausência da vegetação implica a exposição do solo e o torna vulnerável à ação direta das chuvas e águas correntes.

O impacto “Supressão Vegetal” para a área de estudo obteve IRA igual a “10”. O alto índice de supressão vegetal é um resultado comum para regiões de encostas, principalmente quando ocupadas de maneira irregular.

Deposição Irregular de Resíduos Sólidos Urbanos

Foi observado não só a deposição irregular de resíduos domésticos, como também de resíduos da construção civil (fot. 2), principalmente, nas ruas e às margens do canal existente na área.

De acordo com Araújo, Araujo, Martins e Barbosa (2018), a deposição irregular de resíduos sólidos provoca impactos de ordem tanto ambiental quanto social. Além de serem fontes de contaminação do solo e das águas, podem causar bloqueios que impossibilitam o curso das águas pluviais e, aliados a condições climáticas propícias, atrair animais peçonhentos e vetores de doenças, como ratos, moscas, insetos e escorpiões. Portanto, afetam a saúde e qualidade de vida da população.



Fot. 2 - Deposição irregular de resíduos de construção/demolição ((Fotografia dos autores, tirada em 2021).

Photo 2 - Inappropriate disposal of construction/demolition waste (Photograph taken by the authors in 2021).

Esta quantidade de resíduos nas encostas provoca o acúmulo de água no solo, colaborando com o processo de saturação e conseqüente deslizamento.

O impacto deposição irregular de resíduos sólidos urbanos obteve um IRA muito alto, avaliado com peso “11”, pois ocorre diariamente, sendo de fácil percepção e pode acarretar conseqüências, além das fronteiras da região onde ocorre.

Resultados similares de alto índice de risco também foram obtidos para outras regiões de ocupação irregular na RMR. No estudo de Nascimento (2019), para uma

encosta no município de Olinda, foi obtido IRA 10 pois no local foi observado diversos pontos de deposição irregular e de distribuição aleatória. Na área estudada por Santos, Silva e Lafayette. (2019), no bairro de Dois Unidos, os resíduos sólidos causaram a obstrução da drenagem, sendo um dos principais agravantes para o deslizamento de solo ocorrido no local.

Saneamento Ambiental (Água e Esgoto)

Nas áreas mais próximas aos taludes foi observada a falta de infraestruturas de drenagem e esgotamento sanitário no local. É possível verificar tanto as águas residuais escoando pelas vias a céu aberto, como também algumas residências desviam seu esgoto diretamente para o canal existente, ocasionando a poluição das águas.

De acordo com Saneam (2014), cerca de 70 % áreas de colinas apresentam condições de esgotamento sanitário crítica ou muito crítica. A implantação de redes de esgoto demanda custo e maior trabalho, não recebendo o investimento adequado. Essa carência leva a população a despejar suas águas residuais em galerias pluviais, prejudicando o sistema de drenagem, podendo também causar seu entupimento. Com a chuva, aumenta o risco de transbordamentos e transmissão de doenças.

Quanto à drenagem, ainda segundo Saneam (2014), no Atlas das infraestruturas públicas nas comunidades de interesse social do Recife, essas estruturas estão associadas às obras de pavimentação de vias (ruas, escadarias) com a implementação de canaletas e galerias.

Constata-se que a ausência de estrutura de captação e escoamento das águas auxiliam no processo de carreamento de partículas, erosão e estabilidade das encostas. Ademais, o lançamento de esgoto direto no curso d'água provoca poluição e comprometimento de sua qualidade para além da área onde foi inicialmente contaminada. Ainda, as águas residuais, tal como os resíduos sólidos, podem ser fonte de atração de vetores de doenças. Por esses fatores, o IRA para o impacto Saneamento Ambiental (Água e Esgoto) atingiu nível muito alto, com peso 11.

Urbanização Irregular

Percebe-se que o processo de edificação dos imóveis encontrados no local é característico dos processos de autoconstrução. Nesse processo, segundo Villa Verde e Santos (2019), a população residente se configura como os agentes modificadores do espaço. Muitas das edificações observadas possuíam mais de um pavimento, até mesmo aquelas encontradas nos topos dos taludes, acarretando maior risco.

Em geral, as casas e pequenos edifícios possuíam acabamento externo simples, com pintura ou sem

revestimento algum, em alvenaria e a grande maioria apresentou cobertura em telhas de fibrocimento. Quanto à existência de muro, muitas não possuíam, enquanto outras eram cercadas por uma estrutura baixa, havendo, ainda, cercas de delimitação de terreno, constituídas por madeira simples e vegetação de pequeno e médio porte.

O local possui relevo bastante acidentado e uma presença considerável de edificações no topo e pé dos taludes, sendo também observadas algumas residências instaladas entre o topo e o pé dos taludes. Foi possível identificar o uso intensivo do solo, com alteração de sua formação original e execuções de cortes, de acordo com a necessidade de espaço de cada imóvel, sem o devido planejamento estrutural para o uso. Foram também encontrados diversos pontos de deposição de materiais de construção próximos aos muros das futuras edificações, nos terrenos ou nas laterais das vias.

No presente estudo, obteve-se um nível de IRA para o impacto ambiental Urbanização Irregular alto, avaliado com peso 9. Esse impacto foi considerado facilmente detectável e de abrangência regional, contudo, seus efeitos são verificados principalmente no período de inverno, com a alta do volume de chuvas mensais.

Processos erosivos e mudanças na consistência do solo

Foi verificada a incidência de processos erosivos principalmente na encosta que estava sendo monitorada, por ser considerada sujeita ao risco iminente de movimentação.

A aplicação de lonas plásticas é uma medida não estrutural realizada pela prefeitura que tem por objetivo minimizar o contato das águas sobre o solo e, assim, reduzir a infiltração.

De acordo com Villa Verde (2019), com a falta de manutenção essas estruturas sofrem rompimentos que permitem a passagem da água ocasionando, assim, um fenômeno denominado piping. O escoamento das águas infiltradas ocorre por debaixo das lonas, que encobrem o movimento de sedimentos, e, consequentemente, agravam a situação da erosão local.

Foi analisada também a variação dos níveis de base para uma seção que corta horizontalmente a área de estudo, na latitude 9117800, cruzando a barreira onde o ocorreu recente deslizamento na Rua Ageu (fig. 9). As maiores mudanças ocorreram entre os anos de 1986 e 2018.

Em 32 anos, o pico da seção teve uma alteração de mais 12 metros, passando de 70 para 82 metros de altitude. Já o ponto mais baixo sofreu um acréscimo de 14 metros, variando de 20 para 34 metros. As mudanças observadas nas imagens evidenciam a ocorrência de processos de erosão e deslizamento de montante à jusante.

Processos dessa natureza também foram observados em estudos análogos de Lisboa, Barros e Nascimento (2020) ao analisarem a perda ou acúmulo de sedimentos em uma encosta próxima a residências vulneráveis a risco de deslizamento no município de Itaporanga, Sergipe. Os autores atestaram a ocorrência de processos erosivos e movimen-

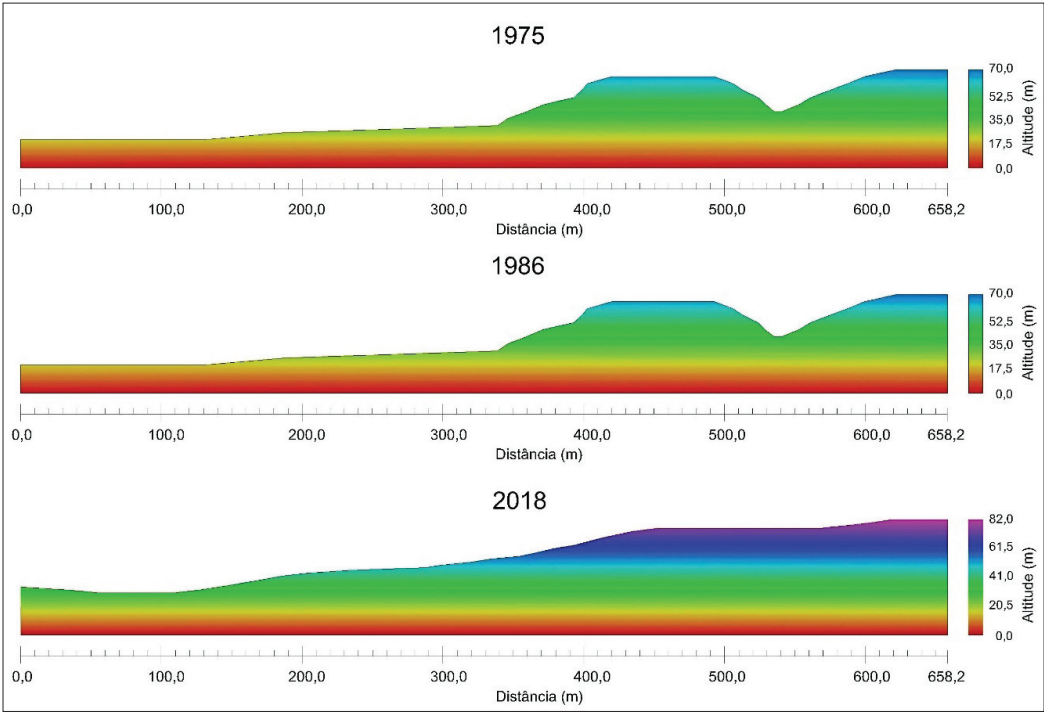


Fig. 9 - Variação dos níveis de base: 1975, 1986 e 2018 (Elaborado em 2021).
Fig. 9 - Variation of base levels: 1975, 1986 and 2018 (Developed in 2021).

tação de massa agravados pela ausência de vegetação, expansão da área urbana e declividade do terreno.

Avaliação semelhante foi realizada por Silva (2020) em sua análise da evolução dos níveis de base para uma encosta no bairro de Nova Descoberta, evidenciando a ocorrência de deslizamentos na região, ao qual o ponto mais alto da seção sofreu uma redução de 16 metros enquanto o nível de base da encosta aumentou 20 metros.

Para o impacto Processos Erosivos e Mudança na Consistência do Solo foi obtido um valor de IRA médio, igual a 6. Esse valor pode ser justificado pois, assim como no item anterior, seus efeitos são verificados principalmente no período de inverno, com a alta da incidência das precipitações. Além disso, embora os deslizamentos ocorram ao menos uma vez por ano, não há um registro de frequência desses movimentos.

Considerações finais

Diante dos escorregamentos registrados na cidade do Recife e na RMR, o estudo evidenciou em um recorte de 47 anos, as alterações decorrentes do uso e ocupação do solo numa área composta por várias encostas, no bairro do Passarinho, no município de Recife, Estado de Pernambuco. Essas alterações foram, em sua maioria, causadas pelas ocupações irregulares e sem planejamento as quais, somadas aos fatores físicos e naturais do local, resultaram em elevados níveis de risco ambiental na região.

A análise temporal do uso e ocupação do solo comprovou o rápido e expressivo avanço da mancha urbana, com crescimento avaliado em 4.119,05 %, banentre os anos de 1975 e 2022. Como consequência desse avanço, a cobertura mais afetada foi à vegetação que obteve uma redução de 30,13 %. Esses dados retratam a falta de planejamento urbano que, em conjunto com as condições naturais e antrópicas, elevam o risco de deslizamentos na área.

Através da análise qualitativa dos riscos ambientais baseada na análise FMEA foram verificados cinco impactos ambientais. Todos os impactos obtiveram índice de risco ambiental (IRA) entre os valores médio (6) e máximo (12), com valores avaliados entre 6 e 11. Concluiu-se que os Resíduos Sólidos Urbanos e o Saneamento Ambiental (água e esgoto) são os impactos que mais afetam a área, obtendo IRA peso 11

O impacto dos processos erosivos obteve IRA de valor 6. Seus efeitos, além de estarem diretamente conectados à ocorrência dos outros impactos, são verificados principalmente no período de inverno na Região Metropolitana do Recife.

Desta maneira, pode-se afirmar que a região de estudo se configura como um ponto de convergência de

condicionantes propícios à ocorrência de deslizamentos, como o ocorrido em julho de 2019.

Os resultados são fundamentais, principalmente para a população residente nesta área considerada de risco, uma vez que podem auxiliar os órgãos públicos competentes na tomada de decisão e definição de prioridades de ação. Além disso, contribuem também no direcionamento do diálogo com a comunidade local, a fim de desenvolver ações participativas que minimizem a exposição aos riscos ambientais.

Referências

- Albuquerque, R. A., Carvalho, F. A., Ximenes, T. C. F.eLafayette, K. P. V. (2017). Temporal Evolution of Occupation and Land Use in an Area of Risk Slope's in the City of Jaboatão dos Guararapes - Brazil. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 22 (3), 809-818.
- Alencar, J. O. D. (2013). *Conjunto Residencial Passarinho, o bairro mais abandonado do Recife: Blog Vozes da Zona Norte*. Disponível em: <https://vozesdazonanorte.blogspot.com/2013/01/passarinho-alto-o-bairro-mais.html>. Acesso em: 12 set. 2019.
- APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (2021). *Monitoramento Pluviométrico*. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 01 mai. 2021.
- Araújo, F. N. F., Araujo, V. B., Martins, M. F.e Barbosa, M. F. N. (2018). Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande-PB: um olhar fotográfico. In: EL-DEIR, S. G., Santos, J. P. O., Silva, R. C. P., Mello, D. P. (Org.). *Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais*. Recife: EDUFPE, ISBN 978-85-7946-313-6, 104-120.
- Bandim, C. G. de A. e Galvêncio, J. D. (2021). Mapeamento das áreas de armazenamento de água em depressão, usando dados LIDAR: Estudo de caso avenida Caxangá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14 (1), 058-067, ISSN 1984-2295.
- Barbosa, W. B., Araújo, V. M. C., Ferreira, R. L. C., Silva, J. A. A.eSilva, H. P. (2011). Análise espaço-temporal por fotointerpretação do uso e ocupação do solo de um trecho do setor leste do Parque dos Manguezais, Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr, Proceedings...* Curitiba, 7007-7013.
- Barros Junior, W. W. de, e Silva, J. A. F. da. (2018). Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Desenvolvimento: estudo de caso na Região Hidrográfica VIII - RJ (Mapping of Environmental

- Sensitivity do Development: case study at Hydrographic Region VIII - RJ). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11 (2), 585-600, ISSN 1984-2295.
- Bócoli, F. A. (2021). *Caracterização de latossolos em topossequência e de argissolos em hidrossequências com apoio de sensores próximos* (Dissertação em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
- Cardoso, A. L. & Vargas, M. A. R. (2006). Construção social da moradia de risco: a experiência de Juiz de Fora (MG). *Revista Brasileira De Estudos Urbanos E Regionais*, 8(1), 59.
DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2006v8n1p59>
- Carvalho, R. M., Moraes, N. A., Silva, H. F. & Bernardes, I. M. M. (2019). Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares / Slope slope due to irregular occupations. *Brazilian Journal Of Development*, 7 (5), 9765-9772.
- Cavalcanti, H., Miranda, L., Souza, M. A. e Neves, N. (2016). Tipologia e Caracterização dos Assentamentos Precários: Região Metropolitana do Recife. In: Moraes, M. da P., Krause, C., Lima Neto, V. C. (ed.). *Caracterização e Tipologia de Assentamentos Precários: estudos de caso brasileiros*. Brasília: Ipea, p. 540.
- Chao, Z., Shang, Z., Fei, C., Zhuang, Z. & Zhou, M. (2023) Spatio temporal Analysis of Urban Expansion in the Mountainous Hindu Kush Himalayas Region. *Land*, 12 (3).
- Chen, W., Wang, G. & Zeng, J. (2023). Impact of urbanization on ecosystem health in Chinese urban agglomerations. *Environmental Impact Assessment Review*, 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022>.
- Cordero, M., Severo, D. L., Silva, H. S., Tachini, M. & Medeiros, P. A. (2009, novembro) Estudo da precipitação máxima diária para Blumenau/SC e o evento de novembro de 2008. *Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Campo Grande, Brasil.
- Corominas, J., Van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., Catani, F., Eeckhout, M. van Den, Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J. e Smith, J. T. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, 2, (73), 209-263.
- Corrêa, A. C. de B. (2006). Contribuição à Análise do Recife como um Geossistema Urbano. *Revista de Geografia do Programa de Pós-graduação em Geografia*, Recife, 3 (23), 86-102. Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA (2001). *Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE)*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4697/zoneamento-agroecologico-do-estado-de-pernambuco-zape>. Acesso em Setembro de 2023.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2022). *Embrapa Solos: Atributos do Solo*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/atributosdosolo/outrosatributos#:~:text=Rela%C3%A7%C3%A3o%20silte%20argila&text=%C3%89%20empregada%20em%20solos%20de,textura%20argilosa%20ou%20muito%20argilosa>. Acesso em Setembro. 2023.
- Fernandes, L. P. (2015). *Avaliação da erodibilidade de um perfil de solo típico da área do campo de instrução de Santa Maria RS* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.
- Ferreira, R. V., Dantas, M. E. & Chinzato, E. (2014). *Origem das paisagens do estado de Pernambuco* (1a ed). Recife: CPRM.
- FIDEM - FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL (2003). *Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife*. Recife, 384p.
- Fontoura, T. B., Coutinho, R. Q. & Silva, F. O. T. da, (2023). Geochemical and Mineralogical Contributions in the Study of Sedimentary Rock (Barreiras Formation) Soils, Recife/ Brazil: Implications for Landslides. *Geotech Geol Eng.*, 41, 205-224.
- Guitarrara, P. (2022) *Deslizamento de terra no Brasil*. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terrano-brasil-principais-causas.htm>. Acesso em 22 de outubro de 2022.
- Gusmão, A. D. (1997). Estudo das encostas ocupadas do Recife. In *Panan symposium and landslide, COBRAE*, Rio de Janeiro, p. 919.
- He, H., Hu, D., Sun, Q., Zhu, L., Liu, Y. (2019). A landslide susceptibility assesment method based on GIS technology and an AHP - Weighted Information Content method: a case study of souther anhui, China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 8(6), 266.
- Jatobá, L. E Silva, A. F. (2022). Estruturação natural de paisagens da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. *Ciência Geográfica*. 26 (1), 9-33.
- Jiang, W., Lü, Y., Liu, Y. & Gao, W. (2020). Ecosystem service value of the Qinghai-Tibet Plateau significantly increased during 25 years. *Ecosystem Services*, 44.

- Kuhnen, A. Meio ambiente e vulnerabilidade: a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. *Geografia (Londrina)*, 18 (2), 37-52, 2009.
- Li, X., Gong, P., Zhou, Y., Wang, J., Bai, Y., Chen, B., Hu, T., Xiao, Y., Xu, B. & Yang, J. (2020). Mapping global urban boundaries from the global artificial impervious area (GAIA) data. *Environmental Research Letters*, 15 (9).
- Lisboa, F. T., Barros, G. V. P. e Nascimento, P. S. R. (2020). Análise da vulnerabilidade ao processo erosivo das encostas: estudo de caso Município de Itaporanga D'Ajuda (SE). *Ciência & Natura*, 42 (61), 21.
- Mangussi Filho, C. B., Fernandes, G. H. de M., Pereira, D. P., Valle Junior, R. F. do, Souza, A. D. (2022). Análise temporal - ambiental das mudanças de uso do solo em Nova Ponte (MG). *Acta ciências ambientais do IFTM [livro eletrônico]*/ organização Adley Camargo Ziviani... [et al.]. -- Campina Grande: Editora Amplla, 194 p.
- Miranda, A. C. da S.eLima, A. M. M. de. (2021). Análise de Erosões Urbanas e o Risco associado as Voçorocas de Açailândia-MA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, (2), ISSN 1984-2295.
- Moraes, S. T. (2018). Áreas urbanas inundáveis, perspectivas de gestão nos contextos francês e brasileiro. *Confin:Revista Franco-brasileira de Geografia*, (36), OpenEdition. DOI: <http://dx.doi.org/10.4000/confin.13488>
- Moreira, T. R., Santos, R. S., Dalfi, R. L., Campos, R. F., Santos, G. M. A. D. A.e Eugenio, F. (2015). Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, 22 (2), 141-152.
- Nascimento, L. A. (2019). *Avaliação dos riscos ambientais decorrentes de ocupações irregulares em encostas no município de Olinda/PE (Monografia - Graduação em Engenharia Civil)*. Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife.
- Paixão, T. S., Mesquita, I. S. B., Costa, M. S. S., Carneiro, C. R. O., Gonçalves, C. S., Botelho, M. G. L., Furtado, L. G., Batista, V., Lima, A. Z. S. e MOrales, G. P. (2020). Multitemporalidade do uso e cobertura da terra utilizando a plataforma Google Earth: estudo de caso do Centro Sócio Educacional Fazendinha Esperança, Marituba, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13 (06), 2874-2884.
- Pereira, P. B., Nunes, H. K. B.eAraújo, F. A. S. (2021). Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/ Maranhão/Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, 14 (3).
- Petley, D.N. (2012). *Landslides and engineered slopes: protecting society through improved understanding*. In: Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A. K.,Leroueil, S. (ed.) *Landslides and engineered slopes Vol 1*. London: CRC Press, 3-13.
- Pinto, R. C., Passos, E.,Caneparo, S. C. (2012).Classificação dos Movimentos de Massa Ocorridos em Março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná. *Geingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia*, Maringá, Maringá, 4 (1), 3-27.
- RECIFE - PREFEITURA DO RECIFE. (2019a).*Passarinho*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/passarinho>. Acesso em: 12 set. 2019.
- RECIFE - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. PREFEITURA DO RECIFE (2019b). *Balanco // Chuvas 24/07/2019*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/node/289479>. Acesso em: 16 out. 2020.
- Rimal, B., Sharma, R., Kunwar, R., Keshtkar, H., Stork, N.E., Rijal, S., Rahman, S.A. & Baral, H. (2019). Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin Eastern Nepal. *Ecosystem Services*, 38.
- Rodrigues, B. M., Osco, L. P., Antunes, P. A.e Ramos, A. P. M. (2019). Avaliação da influência do uso e cobertura da terra na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho (SP). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12, (3), 738-753, ISSN 1984-2295.
- Rusk, J., Maharjan, A., Tiwari, P., Chen, T., Shneiderman, S., Turin, M. & Seto, K.C. (2021). Multi-hazard susceptibility and exposure assessment of the Hindu Kush Himalaya. *Science Of The Total Environment*, 804, 2021.
- SANEAR -AUTARQUIA DE SANEAMENTO DO RECIFE (2014). *Atlas Das Infraestruturas Públicas Nas Comunidades De Interesse Social Do Recife*.
- Santana, J. K. R. (2020) *Aplicação do modelo hierárquico analítico (AHP) na previsão das áreas de perigo a escorregamentos em Recife (PE). (Dissertação em Geografia)*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Santos, C. L. dos, Silva, O. G. da, Vital, S. R. O. (2022). Mapeamento de Áreas de Risco Associadas ao Carste em Área Urbana no Município de João Pessoa-PB. *Sociedade & Natureza*, vol. 34, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.14393/sn-v34-2022-63641>
- Santos, A. M. S. P. (2020). Política Urbana no Brasil: A Difícil Regulação de uma Urbanização Periférica. *Geo UERJ*, (36), e47269, ISSN 1981-9021.
- Santos, A. D., Vital, S. R. (2020). Riscos Geomorfológicos No Município De Caicó-RN. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 2, 434-448.

- Santos, R. M. dos. (2016). *Caracterização e evolução hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Recife-PE (Dissertação de Mestrado)*. Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Santos, M. J. P., Silva, T. A. e Lafayette, K. P. V. (2019). *Impactos Ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife-PE*. In: Aguiar, A. C., Silva, K. A., EL-Deir, S. G. (Ord.). *Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais*. Recife: EDUFPE, 83-92.
- Schleder, C. S. (2020). *Urbanização em áreas de risco: Uma proposta para a Costeira do Pirajubaé (Monografia - Graduação)*. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- Shen, P., Zhao, S., Ma, Y. & Liu, S. (2023) Urbanization-induced Earth's surface energy alteration and warming: A global spatiotemporal analysis. *Remote sensing of environment*, 284.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022113361>
- Silva, M. L. E. (2020). *Riscos Ambientais Associados a Urbanização: Análise Temporal de Ocupações Desordenadas em uma Encosta do Município do Recife (Monografia - Graduação em Engenharia Civil)*. Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife.
- Silva, F. A. A., Barbosa, B. G. S. e Duarte, C. C. (2019). Análise da interação entre eventos pluviométricos e ações antrópicas como agentes deflagradores de deslizamentos na Zona Norte do Recife. *Revista de Geociências do Nordeste*, 5(1), 01-11.
- Silva, T. C. L. e Ferreira, B. (2019). Transformações multi-temporais do uso e coberturas das terras no bairro de Cruz das Almas, litoral norte de Maceió, Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12, (1), 310-325.
- Silva, S. C. S. e Lima, A. M. M. (2019). Análise do uso e ocupação da terra e sua influência na sub-bacia do Ji-Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12 (01), 201-212.
- Silva, T. E. F. (2020). *Análise da estabilidade da encosta do Miradouro de São Pedro de Alcântara, Lisboa (Tese de Doutorado)*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Silva, L. M., Silva, B. Q. e Schuler, C. A. B. (2018). Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11 (04), 1401-1415.
- Soares, S. R. e Moraes, S. T. (2019). Mismatches in the urbanization process of informal settlements in Morro da Cruz - Florianópolis, SC. *URBE, Rev. Bras. Gest. Urbana*, (11), e20170199.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQC Quality Press, 2003.
- Tsagkis, P., Bakogiannis, E. & Nikitas, A. (2023). Analysing urban growth using machine learning and open data: An artificial neural network modelled case study of five Greek cities. *Sustainable Cities And Society*, 89.
- Villa Verde, V. G. R. (2019). *Diagnóstica erosão urbana da cidade de Recife, Pernambuco (Dissertação de Mestrado)*. Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco.
- Villa Verde, V. G. R. e Santos, A. C. (2019). Riscos Geológicos Urbanos nos Morros da Cidade de Recife - Pernambuco. *Revista de Geografia: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE*, Recife, 36, (3), 160-178.
- Wenceslau, F. F. e Rocha, J. M. (2012). A ferramenta de análise FMEA como suporte para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em uma agroindústria de arroz. *Tecnológica*, 16 (1), 56-66.

ÁREAS DE MORROS DA CIDADE DO RECIFE (PERNAMBUCO, BRASIL):
A IMPORTÂNCIA DA GOVERNANÇA ADAPTATIVA DIANTE DOS RISCOS GEOLÓGICOS*

HILL AREAS IN THE CITY OF RECIFE (PERNAMBUCO, BRAZIL):
THE IMPORTANCE OF ADAPTIVE GOVERNANCE IN THE FACE OF GEOLOGICAL RISKS

Edneida Cavalcanti

Fundação Joaquim Nabuco, Diretoria de Pesquisas Sociais (Brasil)
ORCID 0000-0002-9737-9736 edneida.cavalcanti@fundaj.gov.br

Cynthia Suassuna

Universidade Católica de Pernambuco (Brasil)
ORCID 0000-0002-4860-3439 cynthia.suassuna@unicap.br

Fábio Pedrosa

Universidade de Pernambuco e Universidade Católica de Pernambuco (Brasil)
ORCID 0000-0001-5386-0424 fabio.pedrosa@upe.br

Mário de Lima Filho

Universidade Federal de Pernambuco (Brasil)
ORCID 0000-0002-8523-3457 mario.limafo@ufpe.br

RESUMO

A intensificação de fenômenos excepcionais de chuvas registrados nas últimas décadas no Brasil, reforçam a necessidade de estudos sobre gestão de risco, com destaque para as áreas de maior adensamento populacional, a exemplo das Regiões Metropolitanas. Recife, capital do estado de Pernambuco, tem alta densidade populacional e significativa desigualdade socioespacial, distribuída em uma planície de origem flúvio-marinha, com muitos locais situados abaixo do nível das marés de sizígia, e nos morros, basicamente de formação areno-argilosa. O objetivo geral do estudo foi analisar as relações entre a produção do conhecimento, a educação e a gestão, na construção da governança adaptativa e na redução de riscos e desastres na cidade do Recife-PE, por meio de revisão de literatura e de dados secundários obtidos em bases oficiais. Os resultados apontam para lacunas entre produção de conhecimento, processos educativos permanentes e a gestão e indicam a importância de compreender mais a fundo os elementos necessários para constituição de governança adaptativa, que pressupõe aprendizados sociais e institucionais e produção de conhecimentos culturalmente contextualizados.

Palavras-chave: Deslizamentos, Recife-PE, gestão adaptativa, ciência cidadã, educação contextualizada.

ABSTRACT

The intensification of exceptional rainfall phenomena recorded over recent decades in Brazil reinforces the need for studies on risk management, with an emphasis on areas of higher population density such as metropolitan regions. Recife, capital of the state of Pernambuco, has a high population density and significant social-spatial inequality, spread over a plain of fluvial-marine origin, with many sites located below the level of the high tides, and in the hills, basically of sandy-clay formation. The general aim of the study is to analyse the relationship between knowledge production, education, and management in the construction of adaptive governance and risk and disaster reduction in the city of Recife-PE, by means of a literature review and secondary data obtained from official databases. The results point to gaps between knowledge production, permanent educational processes and management, thus indicating the importance of a deeper understanding of the elements that are needed to establish adaptive governance, which presupposes social and institutional learning and the production of culturally contextualized knowledge.

Keywords: Landslides, Recife-PE, adaptive management, citizen science, contextualized education.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 25-01-2023, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 04-09-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Nas últimas duas décadas do século XXI, os registros de fenômenos excepcionais de chuvas no Brasil tornaram-se mais intensos e apontam para a necessidade de aprofundar os estudos sobre gerenciamento de riscos, principalmente em áreas de maior adensamento populacional como é o caso das Regiões Metropolitanas. No tocante aos deslizamentos, o conhecimento geológico dos locais onde existe este tipo de propensão e a compreensão de sua realidade socioambiental são de extrema importância para criar capacidades adaptativas. São conhecimentos que devem ser construídos a partir de estudos sistêmicos, gerados nas interfaces entre diferentes áreas e formas de saber, que resultem em informações passíveis de entendimento e aplicação tanto para gestores como para as comunidades locais.

As mudanças climáticas e também a variabilidade climática atual, expressas principalmente nos eventos extremos de chuvas e de secas, acentuam a vulnerabilidade social dos mais pobres, pelo simples fato de que estes têm dificuldades estruturais de fazer frente a elas e de aumentar sua capacidade adaptativa (Nobre, 2008). De maneira mais contundente Lemos e Rood (2010) e Obermaier e Rosa (2013) argumentam que as mudanças climáticas podem significar mais um agravamento das atuais pressões socioeconômicas sobre um dado sistema, do que a criação de impactos totalmente novos.

Por sua vez, as áreas urbanas estão expostas aos impactos das mudanças climáticas e aos riscos de desastres e, nas próximas décadas, os eventos extremos induzidos pelo clima devem aumentar, assim como os seus efeitos nessas áreas (IPCC, 2022). Dessa forma, os grandes centros urbanos, encontram-se vulneráveis a desastres naturais de grande magnitude e de forma cada vez mais frequentes. As cidades passam a sentir mais fortemente os efeitos das chuvas em larga escala, das inundações, desmoronamentos de encostas, aumento do nível do oceano e secas prolongadas. A cidade de Recife não foge a esse padrão e tem na junção de suas características físicas, planície flúvio-marinha, envolta por área sedimentares elevadas, designadas na literatura como “morros”, com os aspectos de desigualdades socioeconômicos e espaciais, um agravante diante do quadro de eventos extremos de chuva.

A pesquisa que deu suporte ao presente artigo buscou analisar as relações entre a produção do conhecimento, a educação e a gestão, na construção da governança adaptativa e na redução de riscos e desastres na cidade do Recife-PE. Para tanto, são discutidos conceitos de resiliência urbana, capacidade adaptativa, vulnerabilidades institucionais e governança, apresentando uma breve caracterização da cidade do Recife em seus aspectos geológico e socioambiental.

Além disso, são abordadas as suas vulnerabilidades e suscetibilidades frente aos eventos extremos de chuva e por fim, estas questões são discutidas tomando como referência o desastre por deslizamento, ocorrido em maio de 2022.

Urbanização no Brasil e as ocupações informais

A taxa geométrica de crescimento das áreas urbanizadas no Brasil, entre 1985 e 2020, foi 1,95 % a.a., o que significa que praticamente dobraram de tamanho em 36 anos, e 4,66 % desse crescimento têm características de informalidade. A análise temporal das áreas ocupadas informalmente em todo o país mostra que elas são mais sensíveis às políticas econômicas e sociais, crescendo mais em períodos de retração do PIB (MapBiomias, 2020). O estudo também revelou que em todo o território nacional as áreas informais cresceram o equivalente a três vezes a área de Salvador ou 11 vezes a área de Lisboa, em Portugal. Além disso, as cinco maiores expansões proporcionais de favelas em 36 anos concentram-se em estados do Norte e do Nordeste do Brasil.

As imagens de satélite utilizadas como base dos estudos do MapBiomias (2020) também permitiram identificar as ocupações em áreas com declive maior que 30 %, ou seja, que estão mais sujeitas a deslizamentos. Embora mais expressivas em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Espírito Santo e São Paulo, elas já ocorrem também no Amazonas, Paraná, Rio Grande do Sul, Alagoas, Pernambuco e Bahia. O alerta vem do fato de que o crescimento da ocupação urbana em áreas com alta declividade foi da ordem de 40 mil ha, ou seja, um em cada 100 ha já está em áreas de risco por declividade. Além disso, o estudo também mostra que Recife ocupa o nono lugar entre as 10 cidades que mais pressionam a ocupação sobre a hidrografia, o que amplia a vulnerabilidade social às inundações.

Em um cenário de aumento de ocorrência de eventos extremos, conforme vem sendo indicado pelas projeções feitas por modelos climáticos, é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotarem as medidas necessárias para redução dos riscos de desastres, inclusive por meio do maior envolvimento do ente municipal, da colaboração com entidades públicas ou privadas e com a sociedade em geral.

No Brasil existe respaldo legal para a implantação de várias ações para a promoção da adaptação das cidades frente aos impactos das mudanças climáticas e para a redução dos riscos de desastres. A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Brasil, 2009) que, em seu artigo 4º, inciso V, estabelece a necessidade de implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima por parte das três esferas da

Federação. E também a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNDEC), instituída pela Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012 (Brasil, 2012), que definiu no seu artigo 2º o dever da União, dos Estados e dos Municípios na adoção de medidas necessárias à redução de riscos de desastres e ainda estabeleceu as competências e responsabilidades dos entes federativos. Isso sem falar no conjunto de leis, políticas e programas que guardam estreita correlação com a questão dos riscos, como é o caso das que tratam do tema da educação ambiental, recursos hídricos, de resíduos sólidos, entre outras.

Porém, apesar desse aparato legislativo, existem no Brasil grandes dificuldades para o desenvolvimento de processos de prevenção, enfrentamento e recuperação dos impactos dos eventos extremos e de desastres a eles associados. Alguns desses entraves decorrem das fragilidades institucionais das cidades brasileiras, da baixa participação da população na construção e implantação de políticas públicas de prevenção e enfrentamento de desastres, da insuficiência de investimentos em ações de prevenção e enfrentamento de desastres, da baixa qualidade da educação e da baixa preparação da população para a compreensão das situações de risco. No Brasil outras vulnerabilidades institucionais também podem comprometer a resiliência das cidades, tais como: fragilidades nos mecanismos de controle do uso e da ocupação do solo, na gestão do meio ambiente, nos mecanismos de acesso à moradia e

ao saneamento básico, nele inseridos o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem e destinação adequada dos resíduos sólidos. Também é possível destacar que a falta de recursos humanos, técnicos e financeiros, comprometem a efetivação das ações de fiscalização ambiental e de controle urbano, que poderiam garantir o cumprimento da legislação ambiental e urbanística e o uso adequado do solo urbano, evitando ocupações ilegais e reduzindo vulnerabilidades.

O município do Recife (fig. 1), capital do estado de Pernambuco, possui uma área de 218,50 km², uma população estimada de 1.637.827 habitantes (IBGE, 2018), com densidade populacional de 7.495,77 hab./km² e concentra cerca de 18 % da população do estado. É geologicamente formado por uma planície de origem flúvio-marinha, com muitos locais situados abaixo do nível das marés de Sizígia que alcançam 2,80 m (Pedrosa, 2015), circundada por morros de constituição basicamente areno-argilosa. Cerca de um terço da população habita as áreas dos morros que circundam a cidade, com padrões de ocupação irregulares e moradias bastante precárias.

Associados a uma geologia cujas rochas e sedimentos apresentam forte suscetibilidade aos escorregamentos, possui grandes fragilidades nas estruturas de gestão de riscos e desastres diante de um sério passivo socioambiental oriundo de um crescimento excludente

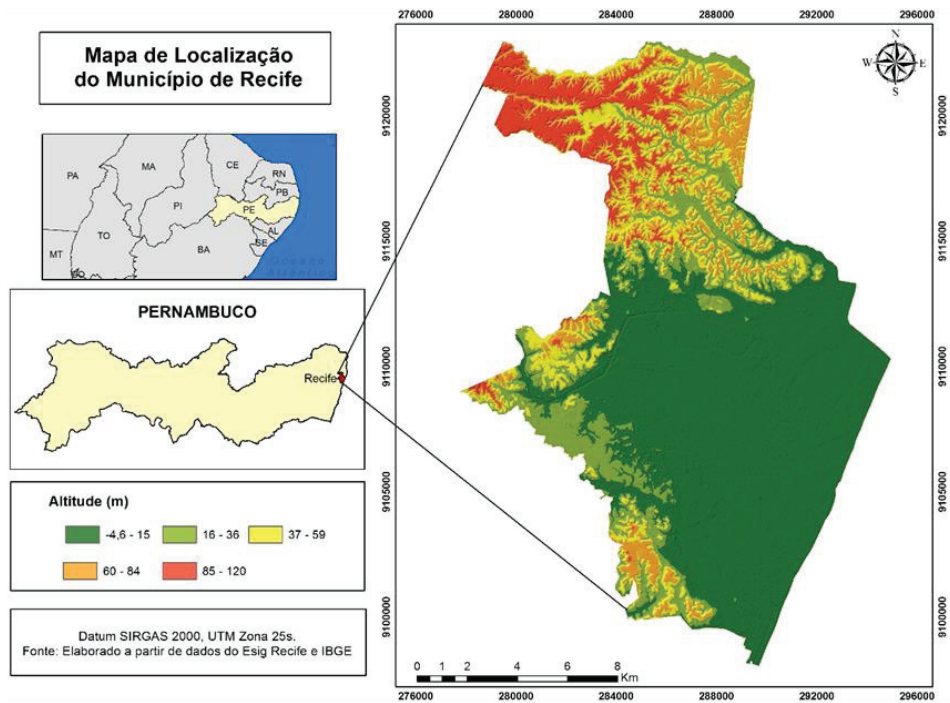


Fig. 1 - Mapa de localização do município do Recife e mapa de altitude, onde é possível perceber as áreas de morros e a planície costeira (Fonte: Santana, 2019).

Fig. 1 - Location map of the municipality of Recife and altitude map, where it is possible to see the areas of hills and the coastal plain (Source: Santana, 2019).

e desigual. Por sua vez, já existe uma base legal e institucional significativa voltada a questão climática, de defesa civil, de educação ambiental, porém são muitas as descontinuidades das ações, os rearranjos advindos de mudanças de governo e a desarticulação entre políticas públicas, além de fragilidades na comunicação do risco. Cabe lembrar que Recife foi identificada como uma das cidades mais vulneráveis à mudança do clima no mundo, ocupando a 16ª posição (IPCC, 2014).

Resiliência, vulnerabilidades, governança adaptativa, riscos e conceitos associados

Nas últimas três décadas várias abordagens, paradigmas e conceitos têm surgido no âmbito do acirramento das crises econômica, social e ambiental, que se intensificam e retroalimentam. Porto-Gonçalves (2020), indaga sobre os nossos repertórios cognitivos diante do caos sistêmico no qual estamos e que nos desafia a ter ousadia intelectual para buscar leituras que deem conta das grandes questões que se colocam na atualidade.

Os esforços concentram-se na direção de alargar os horizontes de compreensão sobre como ocorrem as conexões e mútuas influências entre as ações humanas no e com o complexo sistema Terra, superando as limitações de perceber e interpretar o mundo por meio de partes separadas, interações mecanicistas e disciplinas estanques. Autores como Gallopín (2006) e Young *et al.* (2006) são alguns dos que sustentam que para compreender o que acontece tanto nos sistemas sociais como nos sistemas ecológicos é fundamental considerar a interação entre os mesmos. Essa perspectiva é designada predominantemente na literatura como sistemas socioecológicos (SSE), buscando tratar dessa relação indissociável. Fundamental a essa abordagem é a perspectiva de que processos ecológicos, sociais e econômicos possuem autonomia em suas regras de funcionamento, e são interdependentes no tempo e espaço.

O conceito de sistemas socioecológicos vem sendo usado para integrar os processos e componentes socioeconômicos e biofísicos (Berkee e Folke, 1998; Liu *et al.*, 2007; Ostrom, 2009). A teoria da resiliência aplicada a sistemas socioecológicos representa uma tentativa nesse sentido e sua ideia-chave é de que as incertezas e surpresas inevitáveis na dinâmica de sistemas complexos inviabilizam sua gestão para uma trajetória predeterminada. Ao invés de conduzir para um rumo específico, é melhor fortalecer capacidades e características do sistema que mantêm a flexibilidade para sobrevivência, aprendizagem e adaptação durante um processo dinâmico e imprevisível de mudança (Buschbacher, 2014). No centro da teoria da resiliência vai estar o ciclo adaptativo proposto por Holling (1973), que representa uma mudança de paradigma de uma visão de sistemas que chegam e se mantêm em um ponto

de equilíbrio, para um reconhecimento de que este equilíbrio é transitório, onde a estabilidade é dinâmica, e mudança e limites estão atuando.

Dessa forma, um sistema resiliente muda seu estado constantemente, mas dentro de um mesmo regime. Contudo, caso existam alterações significativas ao ponto de inibir a recuperação do sistema, isso pode gerar mudança de regime. Significa que depois do colapso e da reorganização o sistema pode ficar num mesmo regime e começar um novo ciclo resiliente ou pode mudar para outro regime, indicando assim um processo de transformação. Contudo, é oportuno introduzir a ressalva feita por Holling (2001), de que os sistemas humanos apresentam ao menos três características peculiares que alteram o sistema do qual fazem parte: a) previsão e intencionalidade; b) comunicação e, c) tecnologia. A previsão e intencionalidade podem reduzir ou mesmo eliminar o comportamento caótico do sistema. As previsões sobre a iminência de crises econômicas e colapsos causados pela escassez de recursos, por exemplo, são importantes nos debates sobre sustentabilidade. Além disso, a capacidade de comunicar ideias e experiências exerce influência no comportamento das pessoas e pode contribuir para transformações em diversas escalas, mesmo que isso seja de forma lenta. Já a tecnologia amplia a ação dos seres humanos no planeta, podendo agravar os impactos ambientais negativos como também compor os esforços de mudanças necessárias para uma condição de coexistência no planeta.

A elevação do nível de resiliência tem sido uma abordagem utilizada por vários países quando se tem em mente o desenvolvimento de estratégias de adaptação e enfrentamento diante dos impactos previstos das mudanças climáticas. Enquanto conceito em si mesmo, a resiliência refere-se à capacidade de um sistema absorver perturbações e reorganizar-se, enquanto está sujeito a forças de mudança, sendo capaz de manter o essencial das suas funções, estrutura, identidade e mecanismos (Walker *et al.*, 2004 *apud* Suassuna, 2014).

A adaptação é entendida como uma série de respostas aos impactos atuais e potenciais com objetivo de minimizar possíveis danos e aproveitar as oportunidades. A capacidade de adaptação de um sistema depende basicamente de duas variáveis: vulnerabilidade e resiliência. A vulnerabilidade é um reflexo do grau de suscetibilidade do sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança climática, e a resiliência como a habilidade do sistema em absorver impactos preservando a mesma estrutura básica e os mesmos meios de funcionamento (Plano Nacional de Mudanças Climáticas, 2008). A vulnerabilidade indica o grau de perda para um dado elemento ou grupo dentro de uma área afetada por um processo natural e/ou induzido. Em síntese, quanto me-

nores forem as vulnerabilidades de um sistema e maior for a sua capacidade de auto-organização (resiliência), melhores serão as condições de adaptação desse sistema aos efeitos da mudança do clima.

Neste contexto, é necessário destacar que existem vários tipos de vulnerabilidades e para efeitos do presente trabalho interessa particularmente as de natureza geológica, como o relevo, a tectônica, o solo, etc. e as de natureza socioeconômicas, que podem ser institucionais e populacionais. Mas, cabe destacar que é fundamental analisá-las contextualmente, com foco nos territórios, e em suas múltiplas inter-relações, considerando que as perturbações que desencadeiam as vulnerabilidades são de natureza multiescalar e um sistema normalmente está exposto a múltiplas perturbações que interagem (Gallopín, 2006). Certamente esse é um dos grandes desafios para a governança adaptativa.

No tocante às vulnerabilidades institucionais, estas estão relacionadas à ineficiência de uma sociedade e suas instituições, em sua capacidade de regular, fiscalizar, controlar e mitigar riscos, sendo exemplos visíveis deste tipo de vulnerabilidade: a falta de legislação ou o seu não cumprimento, a falta de recursos técnicos ou humanos, ou ainda, o desequilíbrio de forças nos processos decisórios em que os interesses dos grupos sociais dominantes na sociedade, muitas vezes envolvendo os próprios geradores de riscos, se sobrepõem aos das populações e trabalhadores expostos, excluídos do acesso às informações e às decisões vitais para um amplo e efetivo gerenciamento dos riscos (Porto, 2007). De forma geral, as populações mais pobres e inseridas em lugares com piores índices de desenvolvimento são as mais vulneráveis à mudança do clima, a qual vem intensificar problemas ambientais, sociais e econômicos já existentes.

Por sua vez, o conceito de risco pode ser compreendido como a possibilidade de ocorrência de um processo ou fenômeno perigoso, que possa gerar perdas humanas e materiais. Contudo, o termo risco só tem um entendimento completo quando acompanhado de um segundo termo, tal como um adjetivo, como por exemplo risco geológico, risco ambiental, entre outros (Oliveira e Brito, 1998). Diante disso, o risco geológico é parte integrante dos riscos naturais, os quais estão relacionados a probabilidade de ocorrerem perdas de vidas ou ferimentos acarretados por um desastre ocorrido em um determinado local/região, ocasionada pela ação de um fenômeno natural (terremotos, erupções vulcânicas, tempestades, inundações, deslizamentos de solo, entre outros). Contudo esse risco é potencializado pela ocupação humana em locais de muita exposição, geralmente sem cuidados nem de ordem estrutural e nem da gestão do perigo.

Assim, o risco pode ser compreendido como a probabilidade de ocorrer um efeito adverso de um processo sobre um elemento, ou como a relação entre

perigo e vulnerabilidade, pressupondo sempre a perda. Também expressa a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno (geológico, hidrometeorológico etc.) e a severidade de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Ou seja, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. As áreas de risco geológico são aquelas passíveis de serem atingidas por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Essas áreas correspondem, em sua larga maioria, a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários). Cabe destacar que, no Brasil, as inundações e os movimentos de massa são os desastres socioambientais mais expressivos no que se refere aos danos à população.

Com isso, observa-se o papel dos seres humanos, tendo em vista atuarem em muitos processos geomórficos, pedogênicos e sedimentares atuais, a partir da criação, intensificação ou modificação do comportamento de processos da dinâmica geológica externa, tais como: incremento da erosão e da carga sedimentar correlata, escorregamentos de encostas, infiltração e escoamento de águas, taxas de sedimentação, fluxos subterrâneos etc., de porte comparável aos resultantes de variações climáticas ou efeitos tectônicos, principalmente decorrentes da expansão urbana desordenada das grandes cidades (Pedrosa, 2007). É possível, então, falarmos que determinados danos ao meio ambiente, eventos extremos e desastres associados produzem impactos desiguais que sobrecarregam desproporcionalmente pessoas de baixa renda, populações marginalizadas e vulnerabilizadas, produzindo as chamadas injustiças socioambientais (Billard, 2005). E esse conceito vai ao encontro de que as interseccionalidades - que recortam gênero, raça e classe - devem ser a lente principal através da qual é possível analisar os problemas contemporâneos (Akotirene, 2018).

A Capacidade de organização e a capacidade de entender riscos na gestão da resiliência

A sobrevivência humana e a forma como as sociedades compreendem os riscos e se organizam para enfrentá-los está no domínio da cultura e é influenciado por valores e práticas sociais ao longo do tempo. Nas diferentes sociedades humanas, os indivíduos dão respostas culturais para suas necessidades básicas, com uma diversidade sem fim. “Cada sociedade possui uma cultura que define os modos apropriados ou necessários de pensar, de agir e de sentir [...] a importância da cultura reside no fato de que ela proporciona o conhecimento e as técnicas que permitem o homem sobreviver, física e socialmente e dominar e controlar, na medida do possível o mundo

que o rodeia” (Chinoy, 2001, p.56). Já os riscos são constructos sociais que dependem de vários fatores e não podem ser compreendidos fora do contexto social e histórico. A percepção que se tem dele também não pode ser enfocada sem que se considere o contexto histórico que os produziu e, especialmente, as relações com o espaço geográfico, os modos de ocupação do território e as relações sociais características da época (Veyret, 2007).

Segundo Capelari *et al.* (2017), os eventos climáticos colocam em foco as dificuldades que os seres humanos apresentam de gerirem os *commons*, ou recursos comuns. O pano de fundo para a resolução do dilema da ação coletiva é a promoção da governança. Para Ostrom (2011), a governança diz respeito à auto-organização de comunidades a qual, até certa medida, dispensa, mas não exclui, as intervenções dos atores de mercado e do Estado. A governança, na visão da Escola de Indiana, é entendida como a capacidade que as comunidades têm de se organizarem, em diferentes locais e momentos, com o objetivo de gerir um bem comum por meio de condições que o torne mais efetivo, eficiente e estável - evitando, assim, a escassez desse bem, ou seja, assegurando a sustentabilidade.

Em artigo intitulado *Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems*, membros da Resilience Alliance analisam as relações entre a governança e a capacidade de gestão da resiliência em sistemas socioecológicos. A partir da análise de casos, discutem como certos atributos da governança funcionam na sociedade para aumentar a capacidade de gerir a resiliência. A partir do conceito de governança, analisam as estruturas e processos pelos quais as sociedades partilham o poder, nas formas de ações individuais e coletivas (Yong, 1992 *apud* Lebel *et al.*, 2006). Os autores relacionam os atributos da governança com a capacidade de gerenciamento da resiliência, que por sua vez se relacionam com as capacidades de auto-organização e de aprendizado. Depreende-se daí que existem fortes conexões entre o conceito de governança e o de resiliência, e que a capacidade de auto-organização e a capacidade de aprendizado estão diretamente ligadas à resiliência.

Segundo a EIRD (2009) a resiliência de uma comunidade a possíveis eventos resultantes de uma ameaça é determinada pelo grau que essa comunidade tem de acessar os recursos necessários e de ser capaz de se organizar, tanto antes como durante os momentos de urgência, sendo a resiliência “[...] a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a uma ameaça à resistir, absorver, adaptar e recuperar seus efeitos em tempo hábil e de forma eficiente, incluindo a preservação e restauração suas estruturas e funções” (EIRD, 2009).

Em um mundo cada vez mais complexo e incerto, os impactos da ação humana, que precisa ser vista em sua diversidade sociocultural e econômica, não ocorrem separadamente, podem interagir entre si e causar efeitos variados nos sistemas ambientais, sociais e econômicos (Holling, 2001; Folke *et al.*, 2011). Diversos autores, dentre eles Pahl-Wostl (2007), têm chamado a atenção que para lidar com essa complexidade é necessário aperfeiçoar sistemas de governança e gestão, incorporando os desafios das mudanças globais, especialmente as mudanças do clima. Pressupõe tomadas de decisão, mesmo que com informações incompletas e incertas, e dependem do uso de diferentes conhecimentos, métodos, ferramentas e da disponibilidade de novas informações (Gunderson, Holling, 2002; Lemos, 2015).

Dessa forma, a governança baseada na teoria da resiliência considera os limiares críticos dos ecossistemas, se adapta às novas condições ou se transformam em um novo estado ou regime quando as condições são insustentáveis (Gunderson, Holling, 2002) podendo reduzir a vulnerabilidade das populações em um futuro incerto. Faz parte de uma mudança significativa de paradigma na ciência, pois convida a sair de uma visão baseada na estabilidade e equilíbrio para um mundo de incertezas e pontos de limiar.

A governança adaptativa é o conjunto de decisões, institucionais, incluindo a divisão de autoridade e suas regras implícitas, que determinam ajustes nos sistemas socioecológicos tendo em vista torná-los mais resilientes ou menos vulneráveis a estímulos climáticos (Moser, 2010). Vários são os autores que enfatizam a necessidade de mudança em direção a co-gestão adaptativa dos sistemas socioecológicos em que é necessária a cooperação entre uma vasta gama de atores e instituições. Folke *et al.* (2005) explorou as dimensões e a natureza da governança que permitem a gestão adaptativa dos ecossistemas e identificou os quatro fatores críticos para lidar com a dinâmica socioecológica durante períodos de rápida mudança e reorganização: a) Aprender a viver com a mudança e incerteza, b) A combinação de diferentes tipos de conhecimento para o aprendizado, c) A criação de oportunidades de auto-organização em direção a resiliência socioecológica e d) Nutrir fontes de resiliência para a renovação e reorganização.

Estas relações trazidas para o ambiente urbano são propostas pela Estratégia Internacional de Redução de Riscos de Desastres (UNISDR, 2012) quando definiu a cidade resiliente como a que entende seus riscos e desenvolve um forte trabalho de educação com base nas ameaças e vulnerabilidades a que seus cidadãos estão expostos. Toma medidas de prevenção e preparação a desastres com objetivo de proteger seus bens - pessoas, residências, mobiliários, herança cultural e capital econômico - e

está preparada para minimizar perdas físicas e sociais decorrentes de eventos climáticos extremos.

A questão da compreensão dos riscos aparece fortemente no Marco de Sendai, adotado na Terceira Conferência Mundial sobre Redução do Risco de Desastres, realizada em março de 2015. O referido documento internacional propõe quatro grandes prioridades de ação, sendo elas: a compreensão do risco de desastres; o fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; o investimento na redução do risco de desastres para a resiliência; e a melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução (UNISDR, 2015).

No Marco de Sendai a compreensão do risco deve ser trabalhada no contexto nacional e local, e requer: (a) Ampliar o conhecimento de funcionários do governo de todos os níveis, sociedade civil, comunidades e voluntários, bem como do setor privado, por meio do compartilhamento de experiências, lições aprendidas, boas práticas e formação e educação sobre a redução do risco de desastres, incluindo o uso de mecanismos existentes de formação e educação e aprendizagem entre pares; (b) Promover a incorporação de conhecimento sobre riscos e desastres na educação formal e não formal, bem como na educação cívica de todos os níveis e no ensino e treinamento profissionalizante; (c) Promover estratégias nacionais para reforçar a educação e a conscientização pública sobre a redução do risco de desastres, incluindo informações e conhecimentos sobre o risco de desastres, por meio de campanhas, mídias sociais e mobilização comunitária, tendo em conta os públicos específicos e as suas necessidades (UNISDR, 2015).

As ações recomendadas no Marco de Sendai encontram respaldo no ordenamento jurídico brasileiro, na Constituição Federal e em outras leis federais. A Constituição determina no art. 21, XVIII, que compete à União planejar e promover a defesa permanente contra calamidades públicas, especialmente secas e inundações. O art. 182 da Constituição Federal define a política urbana, que é executada pelo Poder Público Municipal com objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes. Esse artigo da constituição foi regulamentado pela Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, e que é mais conhecida como o Estatuto da Cidade, que definiu entre suas diretrizes a garantia do direito às cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. A referida lei, também destaca em suas diretrizes, a ordenação e controle do

uso do solo, de forma a evitar a exposição da população a riscos de desastres.

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instrumento normativo fundamental para a questão da redução de riscos de desastre, definiu como um de seus objetivos, a orientação às comunidades para a adoção de comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situações de desastre bem como a promoção da autoproteção (art. 5º, XIV) e ainda definiu a competência municipal para manter a população informada sobre as áreas de risco e a ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres (art. 8º, IX). Na referida lei também consta uma série de competências para os municípios, entre elas estão algumas que se encaixam nas ações referentes à organização municipal para ações de prevenção, tais como: a identificação e mapeamento das áreas de risco de desastres, a promoção da fiscalização e a vedação de novas ocupações nessas áreas.

Metodologia

Pela natureza complexa do objeto desta pesquisa, optou-se pela abordagem interdisciplinar, mesmo entendendo ser um grande desafio. Para o enfrentamento de pesquisas complexas e interdisciplinares, segundo Vasconcelos (2009, p. 171), algumas recomendações são necessárias, entre elas: a definição clara do fenômeno empírico ou teórico em foco; uma revisão bibliográfica e de experiências relevantes; e um mínimo de articulação entre diferentes pesquisadores e especialistas nas diversas abordagens envolvidas.

Seguindo as três recomendações citadas, foi realizada uma revisão da literatura nacional e internacional contemplando os conceitos envolvidos na temática. Com relação ao objeto empírico foi realizada uma pesquisa exploratória tomando a realidade concreta da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco no nordeste brasileiro e por fim, utilizou-se um arcabouço teórico e empírico que articulou diferentes olhares: da geologia, da geografia e do direito para compor a teia das reflexões e discussões realizadas.

Modelo lógico de análise

O modelo de análise utilizado conciliou três conceitos inter relacionados e já discutidos no referencial teórico: o conceito de vulnerabilidades institucionais (Porto, 2007), o de cidade resiliente (UNISDR, 2011) e o conceito de governança, apresentado por Young (1992) citado Lebel *et al.* (2006), que relaciona os atributos da governança com a capacidade de gerenciamento da resiliência, que por sua vez se relaciona com as capacidades de auto-organização e capacidade de aprendizado (fig. 2).

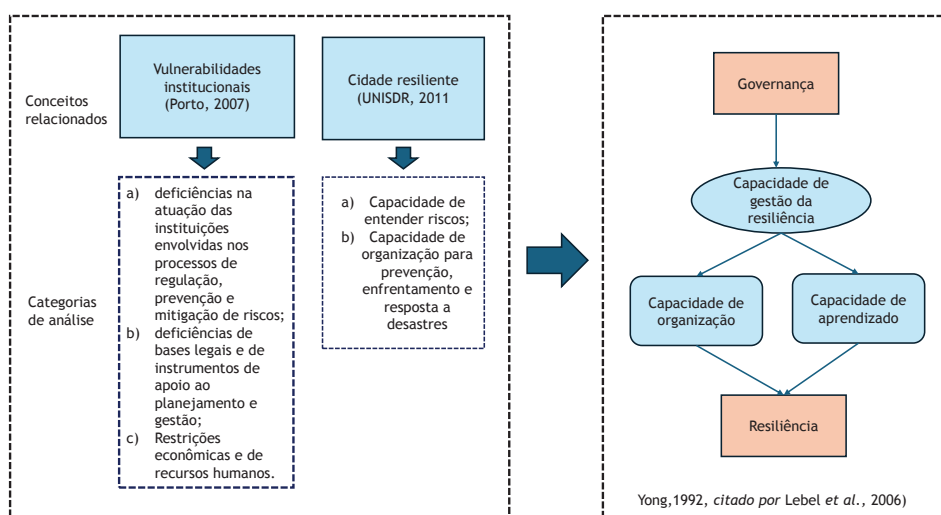


Fig. 2 - Modelo lógico de análise (Fonte: Adaptado de Porto, 2007; UNISDR, 2011, e Yong, 1992, citado por Lebel et al., 2006).

Fig. 2 - Logical analysis model (Source: Adapted from Porto, 2007; UNISDR, 2011, and Yong, 1992, cited by Lebel et al., 2006).

Considerando que existe forte conexão entre resiliência e vulnerabilidade, as categorias utilizadas para avaliar as vulnerabilidades institucionais podem ser também utilizadas para identificar os aspectos institucionais da resiliência. A partir do conceito de vulnerabilidades institucionais (Porto, 2007) foram definidas algumas categorias de análise: a) deficiências na atuação das instituições envolvidas no processo de regulação, prevenção e mitigação de riscos; b) deficiências de bases legais e de instrumentos de planejamento e gestão e de instrumentos de apoio ao planejamento e a gestão; c) restrições econômicas e de recursos humanos.

Como já mencionado, o conceito de cidade resiliente descreve condições reais de uma cidade para que a mesma seja resiliente frente a desastres, de forma que ajudou no processo de aproximação dos conceitos vindos da teoria para a identificação dos aspectos da realidade das cidades, fornecendo assim pistas importantes para a definição do arcabouço lógico desta pesquisa.

A capacidade de organização

A capacidade de organização nas cidades pode ser avaliada pela existência de determinados requisitos que são necessários para que o Município seja capaz de responder com eficiência aos impactos decorrentes dos eventos extremos e suas consequências. Neste artigo os requisitos utilizados foram: a) Existência de órgão municipal de Defesa Civil; b) Existência de Plano de Contingência; c) Existência de instrumentos de apoio ao gerenciamento de riscos decorrentes de inundações e deslizamentos, d) Existência de sistema alerta e alarme; e) Existência de sistema de monitoramento de informações hidrometeorológicas; f) Existência de mapas de vias de acesso; g) Existência de equipes de busca e salvamento; h) Sobre a organização de abrigos.

A coleta de dados foi feita através de Consulta a Bases de dados do IBGE (@cidades - MUNIC 2020), complementada e atualizada para 2022, a partir das entrevistas com os gestores. Convém ressaltar que o MUNIC é Pesquisa de Informações Básicas Municipais que tem por objetivo suprir as demandas por informações desagregadas, em nível municipal, sobre a administração pública local. Este relatório é temático, ou seja, cada ano aborda um tema de interesse dos municípios, sendo o de 2020, o que contemplou o tema gestão de riscos e resposta a desastres.

A Capacidade de entender riscos

Com relação à capacidade de entender riscos foi observado o conteúdo e a determinação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei n. 12.608/2012, que determina a competência municipal para manter a população informada sobre as áreas de risco e a ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres. A mesma política determina também que os currículos do ensino fundamental e médio incluam os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios.

A cidade do Recife e suas vulnerabilidades: socioambientais, climáticas e institucionais

A cidade do Recife apresenta uma geologia bastante diversificada, cuja evolução estende-se desde o Pré-Cambriano até o tempo recente (Alheiros et al., 1995), diferenciando a norte e sul do Lineamento Pernambuco que passa dentro do seu território, dividindo-a em dois compartimentos distintos.

Possui dois conjuntos topograficamente diferenciados, que são os Morros (Tabuleiros Dissecados, Morros Baixos e Colinas) e a Planície Costeira (fig. 3). Essas unidades morfológicas têm origens distintas, porém inter-relacionadas; os processos de dissecção de tabuleiros por agentes fluviais, pluviais e gravitacionais responsáveis pelo modelamento dos Morros e a atividade destrutiva/construtiva do mar atuando sobre a Planície Costeira, são ações interativas regidas pelas mudanças climáticas globais e por processos tectônicos.

A Planície Costeira apresenta altitudes predominantes variando entre zero a 10 m, e inclinação suave para leste, sendo sua cota média entre 3 m e 4 m. Neste contexto são incluídos os Terraços Marinheiros, Pleistocênicos e Holocênicos, e as Planícies Flúvio-Marinhas. A Planície Aluvial, principalmente aquela formada pelo rio Capibaribe, é interceptada por dois níveis de terraços fluviais, de 2 m - 3 m e 7 m - 10 m, respectivamente, beirando o rio. Zonas com lagunas, separadas entre si por pequenas elevações arenosas, eram ocupadas anteriormente por manguezais, que foram bastante aterrados no processo histórico de urbanização do Recife, o que contribuiu para o agravamento das inundações nessa porção da cidade.

A evolução da Planície Costeira do Recife está diretamente relacionada às variações de nível do mar que ocorreram durante o Período Quaternário, em

decorrência de mudanças climáticas globais (Lima Filho *et al.*, 1991). Durante este período alternavam-se épocas glaciais nas quais o nível do mar sofreu grande rebaixamento, com a retenção da água nas calotas polares. E cada época de aquecimento ou degelo corresponde a uma fase de transgressão marinha, que resulta em erosão da costa pela subida do nível do mar, entalhando falésias e costões sob a ação de ondas, marés e correntes marinhas além de lagunas no sopé dessas elevações. As épocas de glaciação ou congelamento correspondem às fases de regressão marinha, quando são formados os terraços marinhos (ou praias) pela acumulação de sucessivos cordões litorâneos arenosos. As lagunas passam a ser áreas úmidas com forte contribuição de água doce, resultando na formação de pântanos e brejos, que evoluem em parte para manguezais em função da contribuição da água salgada. O registro dessas oscilações é reconhecido em grande parte do litoral brasileiro.

Analisando em detalhe a área formada pelos morros (fig. 3), observamos altitudes que vão a pouco mais de 120 m. Encostas retilíneas e côncavas, bem como vales em V e U, estão presentes como relevos degradacionais. Por sua vez, os relevos antropogênicos são decorrentes da erosão associada a desmatamento e associada a retirada de material para construção civil.

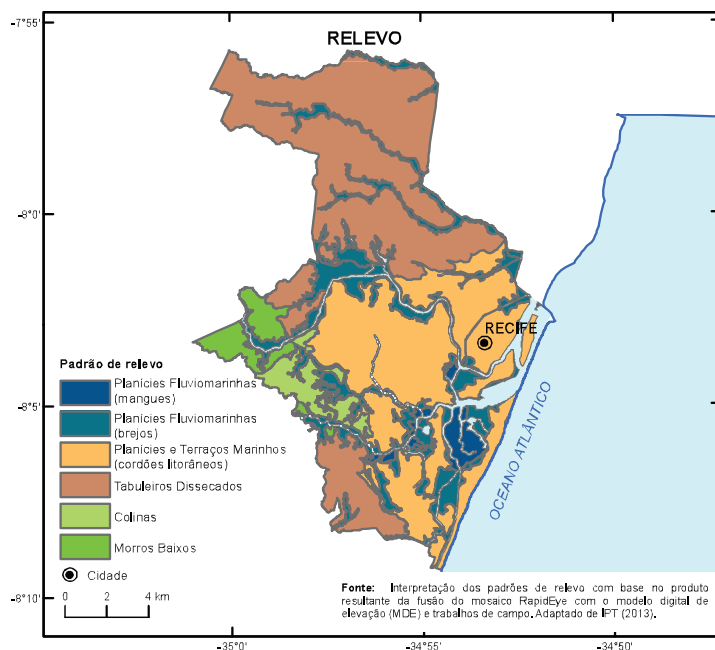


Fig. 3 - Mapa do relevo do Município do Recife. É possível observar dois conjuntos geomorfológicos distintos: a Planície Costeira formada pelos terraços marinhos e as planícies flúvio marinhas e os Morros, formados pelos Tabuleiros dissecados (Formação Barreiras) e morros baixos e colinas. Temos o Lineamento Pernambuco (LPE) dividindo dois contextos tectônicos distintos. A norte temos rochas do Cretáceo superior até o recente e a sul, temos rochas do Cretáceo inferior até o recente (Fonte: CPRM, 2014).

Fig. 3 - Relief map of the City of Recife. Two distinct geomorphological clusters can be seen: the Coastal Plain, formed by marine terraces and the fluvial-marine plains; and the Hills, formed by the dissected Tableland (Formação Barreiras) and low hills and hills of the basement. We have the Pernambuco Lineament (LPE) dividing two distinct geotectonic contexts. To the north we have rocks from the upper Cretaceous to recent, and to the south we have rocks from the lower Cretaceous to recent (Source: CPRM, 2014).

Portanto, diversos processos geológicos influenciaram na formação do relevo do Recife, cuja planície costeira é cercada principalmente por formações sedimentares pré-quadernárias que constituem cerca de 70 % de seu território, onde se observam relevos de colinas e tabuleiros muito dissecados, genericamente denominados morros (Alheiros *et al.*, 2004) que podem alcançar quase 120 m de altitude e se caracterizam como relevos ondulados de média amplitude.

Nesses domínios de morros, encontram-se três conhecidas macro-unidades geológicas: O Embasamento Cristalino (rochas cristalinas pré-cambrianas); Bacia Cabo e Bacia Pernambuco-Paraíba (rochas sedimentares cretácico-terciárias) e as Coberturas Sedimentares (sedimentos terciários e quadernários). O Embasamento Cristalino é formado por granitos, migmatitos e gnaisses que ocorrem na porção oeste do Recife. Os maciços cristalinos estão em sua maior parte capeados pelo seu solo residual, sendo comum a presença de matações sobre o terreno nessas regiões. A formação de argilominerais nos solos dessas rochas tem um papel importante nas ocorrências de deslizamentos, embora o relevo maduro e a manutenção da cobertura vegetal tenham sido suficientes para manter as encostas em boas condições de estabilidade natural. A Bacia Cabo, mais recentemente denominada por Bacia de Pernambuco, é constituída por conglomerados e argilitos da Formação Cabo, cujos sedimentos, embora muito argilosos, mostram boa estabilidade em suas encostas, devido ao pré-adensamento natural resultante do soterramento profundo a que foram submetidos. Entretanto, áreas expostas por grandes cortes mostram instabilidade de algumas encostas. Nesse contexto geológico, destaca-se a Formação Barreiras, de composição essencialmente areno-argilosa, com presença de argilominerais (Villa Verde e Santos, 2019) de características expansivas.

A Formação Barreiras apresenta camadas mais arenosas na base que passam em direção ao topo para pacotes onde se intercalam camadas arenosas e argilosas, típicas de depósitos por enxurradas (leques aluviais). Essa formação mostra um alto conteúdo de feldspatos, os quais, sujeitos aos processos de argilização sob o clima quente e úmido, favorecem episódios de deslizamentos. A ação antrópica sobre os tabuleiros e os morros com encostas de declividade elevada induzem diferentes processos de desestabilização, com erosão pronunciada nas camadas mais arenosas e com deslizamentos naquelas mais argilosas. De acordo com Alheiros *et al.* (2004), no Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife, é na Formação Barreiras em que se observa a maior incidência de casos de deslizamentos e erosões, associados ao fato dessas áreas terem sido adensadas através de ocupações espontâneas ou informais.

Nessa perspectiva, a urbanização desordenada do Recife traz consigo um contexto histórico integrado à própria

construção da metrópole. Essa movimentação (que tem ocupado áreas protegidas contendo potenciais hídricos superficiais e os locais de reabastecimento de aquíferos, poluindo e salinizando-os), unida à crescente expansão imobiliária e valorização dos terrenos costeiros visando novos empreendimentos, contribuiu para a ocupação de áreas de risco a escorregamentos de encostas pelas populações de baixa renda. Essas ações sobre as unidades morfológicas dos morros, que na sua maioria possuem uma declividade elevada, acima de 30 %, impulsionam processos como erosão e escorregamentos de encostas, com consequências trágicas.

Segundo o IBGE (2019), 38 % dos recifenses têm renda média de meio salário mínimo, sendo a falta de condições econômicas e de estrutura habitacional acessível e segura um dos fatores explicativos para a frequente ocupação nos morros de forma espontânea. Para a criação de terrenos para estas moradias são feitos cortes sem orientação técnica e o material retirado é colocado nas bordas das encostas, não havendo uma compactação necessária para evitar futuros deslizamentos (Alheiros *et al.* 2004). Conforme Villa Verde e Santos (2019), os fatores antrópicos mais relevantes, além da densidade populacional, são a frequência de cortes e aterros, presença de fossas nas encostas, verticalização das construções e geomantas rompidas.

Esta forma de ocupação dos morros torna-se um importante agente de desequilíbrio do relevo. De maneira geral, o solo jogado na encosta tem características de ser altamente poroso e permeável, o que favorece a entrada de água, aumentando o risco de erosões e deslizamentos. Ao escoar, a água forma uma rede natural de drenagem e sua densidade vai depender da morfologia da bacia hidrográfica, do quão permeável é o solo e do fluxo da água da chuva. Porém, quanto mais arenoso o solo pelo qual o curso da água passa, maior a possibilidade da ocorrência de uma erosão subterrânea. Os deslizamentos ocorrem principalmente nas faixas de água que ficam retidas no solo, atingindo três metros de profundidade nos períodos de chuva mais intensa (Alheiros *et al.*, 2004). O lixo jogado em local não apropriado também contribui para o acúmulo de água no solo, deixando-o saturado e passível a deslizamentos. Nesses morros também é comum observarmos o abundante aparecimento de gramíneas onde, devido ao seu rápido crescimento, os moradores retiram essa vegetação (desde a raiz) alegando incômodos pela proximidade com as moradias. Porém, a retirada da vegetação agrava as chances de deslocamento superficial do solo e o peso das construções sobre o morro também influencia nos deslizamentos (Villa Verde e Santos, 2019).

Mas é importante resgatar, contar e recontar a história do processo de ocupação da cidade e de espaços com alto risco, seja de inundações, seja, principalmente de deslizamentos. A formação do que hoje é a cidade do Recife se deu sobre a planície costeira e ao final

do século XVI o que existia era um lugarejo com um pequeno porto projetado sobre um cordão litorâneo. A presença dos holandeses em Recife, a partir da invasão em 1630, trouxe significativas mudanças para esse ainda pequeno aglomerado. Destaca-se a construção de canais que “disciplinaram” a dinâmica das águas e a construção do bairro portuário, de onde se expandiu o município. Até meados do século XX a malha urbana foi sendo constituída nas áreas mais planas, mas já com um processo evidente de desigualdades, já que a população mais rica se localizava nas zonas que não sofriam tanto com processos de inundação e nas áreas de manguezais, espaços sem preço e sem donos, com risco alto de inundações, ali estavam concentrados os mocambos e as palafitas, marcando a influência de um fator físico (fluvial) na ocupação do espaço e uma forte divisão social associada (Melo, 1978; Santana, 2019).

Contudo, já no início do século XX passa a existir forte pressão para a erradicação dos mocambos. Os argumentos estavam pautados em discursos de progresso e de estética e isso se expressou tanto na proibição de construção desse tipo de moradia, como na criação da Liga Social Contra os Mocambos, que após sucessivas enchentes que afetaram a Planície do Recife, determinou a erradicação parcial dessas construções, com transferência, na maioria das vezes não planejada, dos moradores para os morros de Casa Amarela, Beberibe e Água Fria, desencadeando a ocupação sistemática na Zona Norte da cidade (Alheiros *et al.*, 2004; Santana, 2019). Por sua vez, nas décadas de 1940 e 1950, a expansão acelerada da cidade foi “tomada às águas”, ou seja, foi realizada a partir do desmatamento e aterramento das áreas de manguezal, que também implica na expulsão dos mocambos e na valorização desse setor da cidade, passando o mesmo a ser demandado para moradias de classe média e alta.

É pertinente evidenciar que o Brasil é um dos países de mais elevada taxa de urbanização do mundo e passou de um percentual da população urbana de 31 % em 1940, para 84,4 % em 2010 (IBGE, 2019) e com estimativas de aumento desse percentual. Esse forte fluxo campo-cidade representou um significativo fator de desorganização urbana. Entre 1950 e 1970 a população de Recife duplicou, saindo de 500 mil habitantes para um milhão. Nesse contexto, as áreas de morros da zona sul, bairros de Jordão e Ibura, também já estavam sendo demandados e ocupados, começando pelas áreas de córregos, terrenos mais planos, mas se ampliando para as encostas.

As cheias ocorridas na cidade em 1966 deixaram muitos desabrigados e desencadeou ações do poder público na elaboração de programas governamentais de habitação. Foram criadas as Unidades Residenciais (URs), destinadas a população de baixa renda, construídas em topos de morros, que eram os locais mais planos. Contudo isso

também impulsionou a ocupação das encostas dos morros da zona sul, locais de risco de escorregamentos (Santana, 2019). Na década de 1980, também já se constata que locais de morros, em bairros mais afastados do centro, já apresentavam ocupações, são os casos dos bairros de Dois Unidos, Córrego do Jenipapo, Brejo da Guabiraba, Guabiraba, o norte do bairro de Nova Descoberta, e Macaxeira. E embora atualmente exista um grande número de pessoas vivendo em locais de morros, boa parte desses terrenos ainda não foram ocupados e permanecem com vegetação natural de Mata Atlântica, sendo áreas de expansão das comunidades mais pobres, sem planejamento e infra estrutura, ampliando áreas de risco de deslizamentos. Isso contrasta com a verticalização e expansão na planície em direção a zona oeste, das classes sociais mais abastadas.

A desigualdade social se revela também numa brutal distribuição assimétrica de infraestruturas urbanas. Esse desequilíbrio é mais dramático nas áreas de morros, que constituem cerca de 40 % do território do Recife, correspondendo a 90 km² de sua superfície, 33 km² deles ocupados por população majoritariamente pobre. Em 2003, ali se abrigavam quase 450 mil pessoas (35 % da população total), expostas a riscos altos de escorregamento de encostas em 12 % dessa área. Entre 1991-2000, os morros concentraram quase 60 % do crescimento populacional da cidade (Diniz, 2022). Em 2003, havia cerca de 10 mil pontos de risco no Recife, distribuídos por todo o território, com 74 % de seus bairros com níveis de risco entre moderado e muito alto. Segundo Souza *et al.* (2014), “*praticamente toda a cidade é muito vulnerável à ocorrência de desastres*”.

É importante destacar que na década de 1990, ocorreu significativa mudança na abordagem e na atuação da gestão pública em relação ao risco de deslizamentos, principalmente com a elaboração de Relatório Técnico do Mapeamento de Risco de Encostas ocupadas do Recife e as primeiras experiências com o Projeto Parceria nos Morros, focado na busca de alternativas de baixo custo para reduzir riscos, com participação ativa das comunidades. Em 2001 é reestruturada a Coordenação de Defesa Civil do Recife (CODECIR) e definido e implementado o Programa Guarda-Chuva, numa perspectiva multidisciplinar, preventivo, com ação descentralizada e gestão de proximidade, ações integradas de pequeno porte, ações educativas e culturais para prevenção e urbanização e desenvolvimento de política habitacional. O impacto dessa mudança de paradigma foi bastante positivo, diminuindo drasticamente a ocorrência de deslizamentos e de número de vítimas.

Ao longo das décadas seguintes o Programa Viva o Morro passou por diversas etapas e adaptações e também foram desenvolvidas iniciativas como o Plano Recife de Contenção de Encostas, sempre em articulação

Recife: o desastre de maio de 2022

Em 2022, o estado de Pernambuco foi atingido novamente pelo Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL), relacionado ao aquecimento das águas do Atlântico Sul. No mês de maio, foi registrado no município vizinho de Olinda um acúmulo de 496,1 mm de precipitação. A média climatológica determinada para o respectivo mês era de 325,80 mm, indicando um aumento de 152 %. Em junho, o volume médio esperado para o mês equivalia a 384,70 mm, entretanto foram registrados 508,9 mm (aumento de 32 %). Vale salientar que no período de 24 de maio de 2022 a 08 de junho de 2022, foram registrados em Recife aproximadamente 750 mm de chuvas, de acordo com o Monitoramento Pluviométrico da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Climas, 2022), com registros de mais de 200 mm/dia. Esse evento excepcional desencadeou vários pontos de deslizamentos, com vítimas fatais e muitas perdas materiais. O assunto teve ampla repercussão na mídia e com manchetes que evidenciavam o número de vítimas (fig. 4).

Mas é preciso sair dessa narrativa da chuva como a grande vilã. Sem desconsiderar o que significa o evento climático em si, encarar de frente as questões relacionadas às vulnerabilidades e construção dos riscos é de fundamental importância para efetivamente buscar soluções que atendam às populações afetadas. Um aspecto de grande relevância diz respeito às iniquidades sociais e o déficit habitacional como um dos indicadores que ajudam a compreender o adensamento populacional nas áreas de morros. Dados da Fundação João Pinheiro (2021) evidenciam que entre 2016 e 2019 o déficit habitacional no Grande Recife passou de 112.250 para 113.275 unidades. Diminuição da renda familiar e aluguéis caros impulsionam a busca por lugares de moradia que não são seguros.

Essa realidade torna ainda mais necessária a atualização constante do mapeamento de risco, envolvendo a sociedade. O investimento na prevenção de risco também precisa ser revisto. Dados que constam do Portal da Transparência do Recife, demonstram que de 2013 a 2022 a prefeitura executou apenas 17 % dos valores previstos para urbanização em áreas de risco. *“Na cidade cujo 67 % do território é formado por morros, apenas 1,48 % da despesa anual da Prefeitura do Recife em 2021 foi direcionado ao programa de gestão de risco a encostas e alagados”* (Jornal do Commercio, 2022).

O desastre de 2022 deixa evidente a necessidade de ações preventivas e integradas, que incluam o grau de incertezas trazidos pela variabilidade climática, cada vez mais influenciada pelas mudanças no clima. Isso remete a olhar de maneira imediata para os processos de ocupação irregular e a geração de áreas de risco de deslizamentos, envolvendo toda a sua complexidade.

Aqueles eventos extremos entre o final de maio e o início de junho, associados à falta de planejamento e controle urbano, em um cenário de gravíssima vulnerabilidade social, onde a renda média mensal na Região Metropolitana do Recife foi de R\$ 831,00 - equivalente a 160 euros, no último trimestre de 2021, valor 30 % inferior ao salário mínimo em vigor no Brasil (Recife, 2022), resultaram em 132 vítimas fatais em Pernambuco, sendo a larga maioria devido a deslizamentos de encostas principalmente nas cidades do Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes. Ainda há dezenas de famílias que foram desalojadas de suas moradias naquele desastre, sobrevivendo com a ajuda oficial de 300 reais / mês - equivalente a 54 euros mensais.

Educação e a gestão na construção da governança adaptativa para redução de riscos e desastres no Recife

Considerando que as vulnerabilidades institucionais estão associadas às fragilidades dos mecanismos de regulação, fiscalização, controle e mitigação de riscos por parte da sociedade e de suas instituições (Porto, 2007), partiu-se do entendimento que para se desenvolver a resiliência de uma cidade frente às mudanças climáticas é necessário, dentre outras coisas, o planejamento e a instrumentalização de uma política de enfrentamento das mudanças climáticas e uma preparação efetiva da Defesa Civil para que assim seja possível reduzir os riscos de desastres e suas consequências danosas.

a) A Capacidade de organização na cidade do Recife

Recife possui uma Política de Sustentabilidade e Enfrentamento às Mudanças Climáticas instituída pela Lei n.º 18.011/2014, que incorpora a sustentabilidade socioambiental aos processos de desenvolvimento do município, tendo dentre as suas finalidades construir uma cidade resiliente aos efeitos inevitáveis das mudanças do clima nas dimensões institucional, social/comunitária, ambiental e de infraestrutura urbana, estimulando e fortalecendo a organização e integração entre os entes da Federação, as instituições públicas e da sociedade civil, e a população em geral, priorizando as comunidades mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, de modo a desenvolver uma capacidade adaptativa e de redução dos riscos urbanos (art 2º, III).

Este instrumento legal também prevê, dentre os seus inúmeros objetivos (art 6º, X e XI) a adoção de medidas de prevenção e fortalecimento da resiliência e da



Fig. 4 - Notícias dos desastres de 2022 em Recife nas principais capas dos jornais locais

(Fonte: <https://metsul.com/o-desastre-em-pernambuco-nas-capas-dos-jornais-de-recife/>).

Fig. 4 - News about the 2022 disasters in Recife on the main front pages of the local newspapers

(Source: <https://metsul.com/o-desastre-em-pernambuco-nas-capas-dos-jornais-de-recife/>).

capacidade adaptativa local concernente ao aumento do nível do mar, a alagamentos e deslizamentos de encostas, e outros fenômenos/ocorrências provenientes dos processos de mudanças naturais, mas, sobretudo, decorrentes da interferência antrópica. Também prevê, o desenvolvimento, em caráter permanente, de programas e ações voltados

à prevenção de danos, assim como à assistência, remoção e/ou realocação da população de áreas vulneráveis ou atingidas por eventos decorrentes das mudanças climáticas para moradias seguras, através de soluções habitacionais definitivas, promovendo a requalificação ambiental dessas áreas e o controle sobre seu uso e ocupação (art 6º, XI).

Outros instrumentos para o desenvolvimento de uma cidade mais resiliente existem, entre eles, os inventários de Emissão dos Gases de Efeito Estufa, que devem ser elaborados a cada dois anos, desde a sua instituição na lei 18.011/2014. O Decreto Municipal n.º 29.220/2015, traçou metas para a mitigação dos GEE entre os anos de 2017 e 2020 e ficou conhecido como Plano Recife Sustentável de Baixo Carbono. Há também o documento de 2019, intitulado Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Estratégia de Adaptação do Município do Recife - PE.

Está em fase de conclusão o Plano Local de Ação Climática, com sua última versão datada do ano de 2020. O Plano desenvolve todas as suas perspectivas para atuação municipal para redução dos Gases do Efeito Estufa (GEE), conceituando a si como: O Plano Local de Ação Climática (PLAC) demonstra como a cidade se planeja estrategicamente para reduzir as emissões de GEE e se adaptar às consequências da mudança climática. Proporciona um alinhamento entre as ações planejadas, a legislação e os compromissos firmados pelo município. É um documento executivo, instrumental, de caráter pragmático e dinâmico que apresenta o nível de ambição da cidade no planejamento de ações de mitigação e adaptação no contexto da mudança climática. Nesse delinear, o plano apresenta de forma ambiciosa como a gestão do município pretende agir frente às mudanças climáticas, sendo um instrumento de base para atuação estatal e para cobrança tanto judicial como administrativa por parte da população.

Dessa forma, o plano local de ação climática da cidade do Recife, se divide em vários capítulos em que a secretaria de meio ambiente do município delineou a agenda climática do município, com metas e objetivos a serem cumpridos, expôs as vulnerabilidades e riscos que a cidade detém. Dentre eles estão os riscos de deslizamentos em várias localidades que possuem barreiras e encostas, as ondas de calor sem precedente que a cada ano apresenta um aumento na sua intensidade, doenças transmissíveis vistas através das arboviroses como dengue, zika e chikungunya, secas meteorológicas e aumento no nível do mar ao qual denota a grande vulnerabilidade que a cidade costeira manifesta. Por fim, apresenta por quais meios ocorrem emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) no Recife e ao final um plano de ação, visando atuação pública na energia, no saneamento, na mobilidade e na resiliência da cidade frente às mudanças climáticas.

A capacidade de organização da Defesa Civil dos Municípios pode ser avaliada pela existência de determinados requisitos que são necessários para que o município seja capaz de responder com eficiência aos impactos decorrentes dos eventos extremos e suas consequências. Estes requisitos serão utilizados como categorias de análise, e pressupõem a existência de:

Coordenadoria de Defesa Civil; Plano de Contingência; Instrumentos de Apoio ao Gerenciamento de Riscos decorrentes de inundações e deslizamentos; Sistema Alerta e Alarme; Sistema de Monitoramento de Informações Hidrometeorológicas; Mapas de Vias de Acesso; Equipes de Busca e Salvamento; Organização de Abrigos. Também foram realizadas consultas às Bases de dados do IBGE (@cidades - MUNIC 2020).

A partir das categorias de análise definidas, o município possui uma secretaria executiva de defesa civil ligada à secretaria de infraestrutura, com um secretário com capacidade técnica para gerenciamento de desastres e uma equipe técnica com 44 pessoas. Possui plano de contingências com todos os requisitos necessários e focados nas questões de alagamentos e deslizamentos, não havendo ainda para incêndios.

Com relação à existência de instrumentos de apoio ao gerenciamento de riscos decorrentes de inundações e deslizamentos, possui carta geotécnica, mapa de suscetibilidade, mapa de vulnerabilidade e mapeamento de riscos, entretanto a carta geotécnica necessita de atualização. O Sistema de Alerta e Alarme em Recife funciona com o SMS e redes sociais (WhatsApp), não possuindo sirenes. Quanto às informações hidrometeorológicas, Recife recebe as informações da Agência Reguladora de Águas e Clima (APAC), que por sua vez também recebe informações de órgãos nacionais com destaque para o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Quanto aos mapas de vias de acesso não há informações a respeito e nem sobre vias sujeitas a inundações e nem sobre locais seguros. Quanto à organização de equipes de busca e salvamento no Recife é feita pelos bombeiros e ainda possui prontidão 24h e telefone de emergência 0800. E sobre a organização dos abrigos, no Recife os mesmos são gerenciados pela Secretaria de Defesa Social e de Direitos Humanos, a higienização fica sob a responsabilidade da EMLURB - Empresa Municipal de Limpeza Urbana, uma vez que a Defesa Civil é um sistema composto por vários órgãos tendo cada um sua função definida.

b) A Capacidade de entender riscos na cidade do Recife

De acordo com o portal da Prefeitura da cidade do Recife, o Programa de Educação Ambiental teve início no ano de 2014 e é desenvolvido em escolas da rede municipal para promover conscientização, conceitos de práticas sustentáveis e formar agentes multiplicadores. De acordo com dados da Prefeitura do Recife, aproximadamente 140 escolas, creches e Centros Municipais de Educação Infantil (CMEIs) já passaram pelo Programa, ao longo dos quais mais de 50 mil estudantes, com idade entre 2 e 14 anos, foram sensibilizados acerca da importância da esfera ecológica e sociocultural para a construção de uma sociedade consciente e responsável.

O programa está atuando em cinco linhas de ação: Gestão e Planejamento da Educação Ambiental; Educação Ambiental nas Instituições de Ensino; Comunicação para a Educação Ambiental; Educação Ambiental nas Áreas Verdes; e Tecnologia para a Sustentabilidade. E está estruturado em seis eixos temáticos de reconhecida relevância para a questão ambiental do município do Recife: verde urbano, águas, resíduos sólidos, biodiversidade, poluição sonora e mudanças climáticas

Considerações finais

Prever respostas efetivas às questões discutidas nesse artigo e antecipar cenários para a cidade do Recife é uma tarefa bastante complexa e que exige maiores esforços por parte dos órgãos fomentadores de pesquisa, das instituições responsáveis pela formação de recursos humanos e dos condutores de políticas públicas, quando se trata do desenvolvimento sustentável local. Nesse contexto, o conhecimento ainda incipiente sobre os problemas advindos das mudanças climáticas, torna a cidade do Recife bastante vulnerável aos eventos excepcionais.

A intensificação de fenômenos extremos de chuva registrados nas últimas duas décadas no Brasil reforçam a necessidade de estudos sobre gestão de riscos e desastres, com destaque para as áreas de maior adensamento populacional, como é o caso das Regiões Metropolitanas.

A vulnerabilidade da população mais pobre, junto com a ampliação e confluência de múltiplas crises, contribuem para ampliar e agravar o risco de desastres por deslizamentos na cidade de Recife, e requer urgência nas iniciativas de gestão participativa e integrada nos territórios.

A cidade do Recife possui base legal e institucional consistente, porém as discontinuidades das ações, os rearranjos advindos das mudanças de governo e a desarticulação entre políticas públicas, além das fragilidades na comunicação do risco, amplificam as consequências negativas de chuvas acumuladas.

Assim, o planejamento e a governança adaptativa devem considerar critérios de potencialidades e limitações ambientais, observando que:

- A cidade do Recife é caracterizada por um mosaico complexo de aspectos naturais e socioculturais, pois é formada por uma planície costeira muito baixa, bastante suscetível a inundações, circundada por morros de composição areno argilosa, bastante suscetíveis a deslizamentos de encostas, onde a maior parte da população possui um dos piores indicadores socioeconômicos do Brasil;
- É necessário evidenciar e discutir as vulnerabilidades sociais para melhor compreender as relações entre desastres e as desigualdades e injustiças socioambientais. Afinal, todos os desastres acabam tendo em sua constituição a componente social.

Por outro lado, essa mesma discussão aponta ser imprescindível incorporar outras visões de mundo e outras racionalidades no processo de gestão;

- É necessária a disseminação na sociedade de uma capacidade de **Percepção para os Riscos**, constituindo fator de grande relevância para a minimização de tragédias como aquela que ocorreu entre o final de maio e o início de junho de 2022, sendo o conhecimento socioambiental, incluindo aí o conhecimento geológico, fundamental para a necessária compreensão de que vivemos num planeta cuja dinâmica natural vem sendo intensamente alterada por ações humanas;
- A educação socioambiental é parte integrante da construção de valores e saberes compartilhados por uma comunidade que habita um determinado território, a partir da compreensão das potencialidades e fragilidades do seu meio físico, mas também dos fatores que geram vulnerabilidades, contribuindo para a inadiável formação de uma consciência coletiva, sobretudo com relação à prevenção de desastres ambientais;
- A gestão do risco requer uma compreensão holística do mesmo, contribuindo para criação de um modelo conceitual transdisciplinar que integre a gestão desse conhecimento, a percepção da sociedade sobre risco, a comunicação e a educação. Pressupõe trabalhar com incertezas e com a urgência na aproximação entre conhecimentos formais e não formais e as ações do poder público pautadas em processos participativos.

A sociedade deve ter participação intrínseca no processo decisório, de forma a torná-lo legítimo e efetivo, a partir de uma maior representação social nas tomadas de decisão para a gestão urbana, com metas no longo prazo, exigindo-se a interdisciplinaridade de saberes na resolução dos problemas ambientais que afetam, sobretudo, a população mais vulnerável aos riscos geológicos.

Referências bibliográficas

- Alheiros, M., Ferreira, M., e Lima Filho, M. (1995). *Mapa Geológico do Recife - Escala 1/25.000*. Convênio Carta Geotécnica da Cidade do Recife., FINEP/LSI/DEC-UFPE.
- Alheiros, M., Souza, M., Bitoun, J., Medeiros, S. e Júnior, W. (2004). *Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife*. Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM; Recife, Ensol.
- APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (2022). *Clima: síntese climática Recife*, vol. 10, nº 6, 31, junho de 2022, s/p.
- Akotirene, C. (2018). *Interseccionalidade*. São Paulo: Sueli Carneiro; Póle.

- Berkes, F. e Folke, C. (Eds.). (1998). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- BRASIL. Decreto n.º 6.263, de 21 de novembro de 2007, Institui o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima - CIM, orienta a elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências, em 2008. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima-brasil-pnmc.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- Brasil. Lei 12.608, de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC. Brasil, 2012. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 28 de maio de 2022.
- Brasil. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10267.htm. Acesso em agosto de 2023.
- Bullard, R. (2005). Ética e racismo ambiental, *Revista Eco 21*, XV(98), s/p.
- Buschbacher, R. (2014). A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível? *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, IPEA, jan./jun.
- Capelari, M., Calmon, P. e Araújo, S. (2017). Vincent and Elinor ostrom: two confluent trajectories for the governance of common property resources. *Ambiente & Sociedade [online]*. 20/01, 203-222. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20150135R1V2012017>
- Chinoy, E. (2001). *Sociedade: Uma introdução à sociologia*. São Paulo, Editora Cultrix.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2014). Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Escala 1/45.000. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. PAC/MME.
- Diniz, F. R. (2022). Por um urbanismo sensível às águas. Recife: a ocupação urbana, a natureza e suas dinâmicas. In: VASCONCELOS, Ronald. (org.). *Recife Drenagem urbana. Entre os rios e o mar, caminhos e descaminhos das águas na cidade*. Recife: CEPE.
- EIRD - ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCION DE DESASTRES (2009). *Terminologia sobre Reduccion del Riesgo de Desastres*. Disponível em: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf. Acesso em: 10 de agosto 2012.
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., ... & Westley, F. (2011). Reconnecting to the biosphere. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 40, 719-738.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (2021). *Déficit habitacional no Brasil 2016-2019*. Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf. Acesso em: 13 de dezembro de 2022.
- Gallopín, G. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, Victoria, Australia, 16, 293-303.
- Gunderson, L., Holling, C. (eds). (2002) *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC: Island Press.
- Holling, C. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405.
- Holling, C. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (2022). *Mudança Climática 2021: Avaliação do Grupo de Trabalho II sobre os Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas*. [Cidade]: IPCC 768 p. (Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).
- IBGE - INSTITUTO BARSILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). *Estimativas da População*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao?&t=resultados>. Acesso em maio 2023.
- Jornal do Commercio (2022). PSB foi quem menos investiu em prevenção de tragédias nos morros do Recife. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/politica/2022/06/15018407-gestoes-do-psb-sao-as-que-menos-investiram-em-prevencao-de-morros-no-recife.html>. Acesso em: 12 de juho de 2022.
- Lebel, L., Anderies, J. M., Campbell, B., Folke, C. & Hatfield-Dodds, S. (2006). Governance and the Capacity to Manage Resilience. In *Regional Social-Ecological Systems. Ecology and Society*, 11/19. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art19/>. Acesso em: 8 de dezembro de 2022.
- Lemos, M. C., Rood, R. B. (2010). Climate projections and their impact on policy and practice. *Wire's Climate Change*, 1, 670-82.
- Lemos, Maria Carmen, (2007). Developing Adaptation and Adapting Development. *Ecology and Society*, vol. 12, no. 2, 2007. JSTOR. URL: <http://www.jstor.org/stable/26267885>. Accessed 18 Aug. 2023.
- Lemos, M. C. (2015). Usable climate knowledge for adaptive and co-managed water governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 12, 48-52.

- Lima Filho, M., Corrêa, A., Mabesoone, J. e Silva, J. (1991). Origem da Planície do Recife (PE). In: Estudos Geológicos UFPE/DEGEO (Série B - Estudos e Pesquisas). *Revisão Geológica da Faixa Costeira Costeira de PE, PB e Rio Grande do Norte*, 10, 157-176.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., ... e Taylor, W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317, 1513-1516.
- MapBiomas. (2021). Área urbanizada nos últimos 36 anos - Destaques do mapeamento anual das áreas urbanizadas no Brasil entre 1985 a 2020. Coleção 6. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomas_Infra_Urbana_Novembro_2021_04112021_OK.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.
- Melo, M. (1978). *Metropolização e subdesenvolvimento: o caso do Recife*. Recife, Univ. Federal de Pernambuco.
- Moser, S. (2010). Communicating climate change: History, challenges, process and future directions. *Climate Change*, 1(1), 31-53.
- Nobre, A. (2008). Mudanças climáticas e o Brasil - Contextualização. Parcerias Estratégicas. *Mudança do Clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação*. 27, 7-18.
- Obermaier, M., Rosa, L. (2013). Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estudos Avançados*, São Paulo, 27, 155-176.
- Oliveira, A., Brito, S. (Ed.) (1998). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325, 419-422.
- Ostrom, E. (2011). Background on the Institutional Analysis and Development Framework. *Policy Studies Journal*. Oxford, 39 (1), 7-27.
- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, vol. 19, nº 3, p. 354-365.
- Pedrosa, F. (2007). *Aspectos da evolução da linha de costa e da paisagem litorânea do município de Olinda entre 1915 e 2004: evidências do Tecnógeno em Pernambuco (Tese de Doutorado)*. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.
- Pedrosa, F. (2015). Mudanças Climáticas e Gestão Costeira. In: Furtado, F., Priori, L., Alcântara, E. (org.) *Mudanças climáticas e resiliência de cidades*. Recife: Pickimagem.
- Porto, M. (2007). *Uma ecologia política dos riscos*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ.
- Proto-Gonçalves, C. (2020). De cao sistêmico e de crise civilizatório: tensões territoriais em curso. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*. v. 22, n. 2, 103-132, ago. 2020.
- Recife [recurso eletrônico] organização Maria Angela de A. Souza, Fabiano Rocha Diniz, Danielle de Melo Rocha. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2022. Recurso digital; 6 MB (Reforma Urbana e Direito à Cidade; 6).
- Santana, J. (2019). Análise evolutiva da ocupação dos morros da cidade do Recife (*Anais do XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana - SIMPURB*), Universidade Federal do Espírito Santo, p. 3754-3768. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338030439_ANALISE_EVOLUTIVA_DA_OCUPACAO_DOS_MORROS_DA_CIDADE_DO_RECIFE. Acesso em: 13 de dezembro de 2022.
- Souza, W., Azevedo, P., Assis, J. O. e Sobral, M. (2014). Áreas de risco mais vulneráveis aos desastres decorrentes das chuvas em Recife-PE. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, Rio de Janeiro, 34, 79-94.
- Suassuna, C. (2014). *Cidade resiliente: sistema de indicadores dos aspectos institucionais (Tese Doutorado)*. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13171>
- UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2012). *Como Construir Cidades Mais Resilientes - Um Guia para Gestores Públicos Locais*. Tradução de: How to Make Cities More Resilient - A Handbook for Mayors and Local Government Leaders. Genebra, Suíça: Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres.
- UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em: <http://www.wcdrr.org/uploads/EN7.pdf>. Acesso em: 8 de dezembro de 2022.
- Young, O., Berkhout, F., Gallopin, G., Janssen, M., Ostrom, E., Van der Leeuw, S. (2006). The globalization of social ecological systems: an agenda for scientific research. *Global Environmental Change*, 16, 304-316.
- Vasconcelos, E. (2009). *Complexidade e Pesquisa Interdisciplinar: epistemologia e metodologia operativa*, 4. ed., Petrópolis: Vozes.
- Veyret, Y. (org.) (2007). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*, São Paulo: Contexto.
- Villa Verde, V., Santos, A. (2019). Riscos Geológicos Urbanos nos Morros da Cidade de Recife - Pernambuco. *Revista de Geografia (Recife)*, 36/3, 1-19.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



**ANÁLISE DA RECUPERAÇÃO DE SISTEMA NATURAL PÓS-DESASTRE:
ESTUDO DE CASO EM ÁREA DE MONTANHA NO RIO DE JANEIRO, BRASIL***

**ANALYSIS OF THE RECOVERY OF A NATURAL SYSTEM AFTER A DISASTER:
A CASE STUDY IN A MOUNTAIN AREA IN RIO DE JANEIRO, BRAZIL**

Alice Barreto Arruda Campos

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (Brasil)
Pós-Graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território
ORCID [0000-0002-9776-4036](https://orcid.org/0000-0002-9776-4036) alicebacampos@gmail.com

Rosângela Garrido Machado Botelho

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil)
Diretoria de Geociências/Coordenação de Meio Ambiente
ORCID [0000-0002-7436-5198](https://orcid.org/0000-0002-7436-5198) rosangela.botelho@ibge.gov.br

RESUMO

Este estudo objetiva avaliar as condições e a recuperação do sistema natural da bacia hidrográfica do rio Cuiabá, na região de montanhas do Estado do Rio de Janeiro (Brasil) após um megadesastre, datado de janeiro de 2011, em que extensos movimentos em massa associados a fortes precipitações geraram um rastro de destruição e mortes. Foram realizados pesquisa bibliográfica, campos virtuais e presencial, visando identificar elementos no sistema natural que contribuíssem para tal análise. Em 2011, verificaram-se fundo de vale assoreado, margens instáveis, nível de base elevado, construções destruídas, obras de terraplanagem e reconfiguração da calha do canal principal. Em 2019, a planície apresentava-se basicamente revegetada por gramíneas, com casas habitadas às margens. Em 2023, o sistema ainda não estava totalmente recuperado, com maior parte da planície e margens sem mata ciliar, encostas erodidas e extração de areia nas margens. Assim, é primordial que haja continuidade de obras, visando a recomposição da mata ciliar, contenção de taludes, realocação da população em área de risco e monitoramento do uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: Desastre, movimentos em massa, respostas, campos virtuais.

ABSTRACT

This study aims to assess the conditions and recovery of the natural system of the Cuiabá river basin, in the mountainous region of the state of Rio de Janeiro (Brazil) after a mega-disaster in January 2011. The disaster involved extensive mass movements associated with heavy rainfall, and these generated a trail of destruction and deaths. A literature survey, and virtual and face-to-face fieldwork were carried out to identify elements in the natural system that could contribute to this analysis. In 2011, there was a silted valley floor, unstable banks, high base level, destroyed buildings, earthworks and reconfiguration of the main channel. In 2019, the plain was basically replanted with grasses, with houses on the banks. In 2023, the system had not yet fully recovered, with most of the plain and banks lacking riparian vegetation, eroded slopes, and sand extraction on the banks. It is therefore essential to continue working to restore the riparian forest, contain the slopes, relocate the population in the risk area, and monitor land use and occupation.

Keywords: Disaster, mass movements, responses, virtual fields.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada ao IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 22-01-2023, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 03-05-2024.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

No Brasil e no mundo, os desastres ambientais parecem estar sendo cada vez mais recorrentes e intensos, estando muitos deles relacionados à forma como a sociedade se relaciona e ocupa o espaço geográfico. Em 2022, o total de desastres reportados mundialmente foi de 387, maior que a média registrada entre 2002 e 2021 (370); o total de mortes de 30.704, em 2022, foi três vezes maior que o registro de 2021, porém abaixo da média entre 2022 e 2021 (60.955), além do registro de 185 milhões de pessoas afetadas neste mesmo ano (CRED, 2022).

As intervenções antrópicas no espaço estão relacionadas às suas condições geológicas, geomorfológicas e bióticas e ao desencadeamento dessas sob diversas formas, sendo uma delas os desastres. Estes podem ser considerados como acontecimentos sem previsibilidade que causam grandes danos, destruição e sofrimento humano e que transpõem a capacidade local, exigindo um pedindo de assistência externa a nível nacional ou internacional (CRED, 2022).

Tendo em vista que as preocupações ambientais foram ganhando mais relevância e as sociedades modernas tornaram-se mais vulneráveis e sensíveis a desastres, foi ocorrendo uma mudança de paradigma na relação homem-natureza, o que forneceu mais frentes de produção quanto ao risco e conceitos atrelados a ele (Souza e Lourenço, 2015). Risco é a probabilidade de ocorrer consequências danosas ou perdas esperadas (mortos, feridos, edificações destruídas e danificadas), como resultado de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (UNDP, 2004), sendo o perigo um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa e a vulnerabilidade o grau de suscetibilidade da exposição ao perigo (Souza e Lourenço, 2015; Tominaga, 2015a). Além disso, o risco tem caráter dinâmico e transcende as múltiplas escalas do espaço geográfico, sendo extremamente importante ter o conhecimento sobre o recorte espacial dos aspectos observados na paisagem e suas interações (Souza, 2020).

No Brasil, os desastres estão geralmente relacionados a fenômenos como os deslizamentos de encostas e as inundações, que comumente estão associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, repetindo-se a cada período chuvoso mais severo (Carvalho e Galvão, 2006). Com relação à Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, sua suscetibilidade natural a deslizamentos é considerada “muito alta”, levando-se em conta seus aspectos climáticos, geológicos, de relevo, de solos e de cobertura e uso da terra (IBGE, 2019). Em janeiro de 2011, período em que ocorreu um dos desastres mais marcantes na história do país, foram deflagrados extensos movimentos de massa na região, que, associados a grandes declividades e redes de drenagem,

resultaram em números trágicos de mortos, desabrigados e desalojados nos municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo (Botelho, 2011).

Os movimentos de massa são processos que envolvem a mobilização de materiais que recobrem as vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação, sofrendo ação direta da gravidade (Tominaga, 2015b). No Brasil, apesar de serem um importante processo natural de parte da evolução geomorfológica em regiões montanhosas (Tominaga, 2007), os movimentos de massa têm ocorrido com maior frequência nas áreas urbanizadas, devido, principalmente, a fatores antrópicos ligados à ocupação e ao uso do solo e da água (Rossato e Botelho, 2002).

O impacto de grandes movimentos de massa configura uma perturbação ou crise sobre um sistema, estando este impacto fortemente relacionado com a resposta do sistema em três momentos distintos: o antes, o durante e o depois, que, por sua vez, estão relacionados com a capacidade do mesmo em antecipar, reagir e se recuperar, respectivamente (Santos, 2009). Como sistema, entende-se o conjunto de unidades com relações entre si, no qual o estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades (Christofletti, 1979). Assim, quanto aos sistemas ambientais naturais, entende-se as peças estruturantes da natureza, por onde perpassam os fluxos de matéria e energia e onde se insere o espaço geográfico, fruto do arranjo e dinâmica das organizações humanas. Estas, por sua vez, dependem diretamente dos recursos providos por esses sistemas, desenvolvendo-se em fortes interações que, quando em desequilíbrio, acarretam riscos não só para a própria natureza mas, em essência, para a humanidade (Ross, 2019).

Nesse sentido, aponta-se a relevância de entender os mecanismos que desencadeiam desastres (mais comumente estudados), assim como os ligados ao processo de recuperação. A recuperação, no que se refere ao ciclo do gerenciamento de desastres, é considerada uma das suas quatro fases, além da mitigação, do preparo e da resposta (Yu *et al.*, 2018). Segundo esses autores, a mitigação é voltada para minimizar os efeitos do desastre, o preparo se trata em planejar sobre como responder a um desastre, a resposta é voltada a fornecer serviços para salvar vidas, proteger propriedades e o ambiente, enquanto a recuperação é o processo de retorno de sistemas a níveis normais depois de um desastre.

Este é o primeiro estudo que busca reunir e discutir resultados gerados pelo monitoramento e investigação do processo de recuperação da bacia do rio Cuiabá após o desastre de 2011, visto que estudos pretéritos na mesma área de estudo estiveram focados na caracterização do sistema, relacionando-o aos fatores deflagradores do desastre, ou no próprio evento em si e seus impactos imediatos (Guerra *et al.*, 2007; Botelho, 2011; Dantas *et al.*, 2022).

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar as condições e a recuperação do sistema natural ao longo do curso principal de uma bacia hidrográfica fortemente atingida pelo megadesastre ocorrido em janeiro de 2011, na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Para isto, foram consideradas informações da área em períodos anterior e posterior ao desastre, por meio de levantamento bibliográfico; trabalhos de campo virtual, por meio das ferramentas do *Street View* e *Google Earth*; e campo presencial, criando cenários multitemporais para análise das condições do sistema natural em questão. Vale ressaltar que a metodologia dos campos virtuais foi estruturada e aplicada entre o final de 2021 e início de 2022, ainda durante a pandemia de COVID-19, quando o megadesastre havia completado 10 anos. Assim, além da impossibilidade de realização do campo presencial devido às medidas restritivas à época, era necessário acessar cenários passados que permitiriam a comparabilidade entre as condições do sistema e as considerações sobre sua recuperação. Com a atenuação dos níveis de contaminação pela COVID-19 e o avanço da vacinação no país, foi possível realizar campo presencial em 2023, com o intuito de obter um cenário mais recente da área de estudo e da sua recuperação.

Este artigo está estruturado em Introdução, Área de Estudo, Metodologia, Resultados e Discussão e Conclusão.

Os Resultados e Discussão estão subdivididos em: Bacia do rio Cuiabá: condições pré-desastre e o megadesastre; Medidas de mitigação e recuperação do desastre e Recuperação do sistema natural.

Área de Estudo

A escolha da bacia do rio Cuiabá para este trabalho baseou-se em dois fatores: foi o principal palco do megadesastre de 2011 no município de Petrópolis (Rio de Janeiro, Brasil) e corresponde à área de estudo de uma pesquisa (Botelho, 1996), cujos resultados trazem informações sobre geologia, relevo, drenagem, solo e cobertura e uso da terra em escala local, essenciais para a caracterização de um cenário pré-desastre. Assim, as informações apresentadas a seguir reproduzem as condições levantadas por Botelho (1996) para área de estudos 15 anos antes do desastre.

A bacia hidrográfica abrange uma área de 37,19 km² e localiza-se em Itaipava, o terceiro dos cinco distritos de Petrópolis, entre as coordenadas 22° 19' 24" e 22° 24' 27" de latitude sul e 43° 01' 13" e 43° 05' 55" de longitude oeste, no coração das montanhas situadas na porção central do Estado do Rio de Janeiro.

Com 10,4 km de extensão, o rio Cuiabá corre no sentido NE-SO, na direção principal dos falhamentos

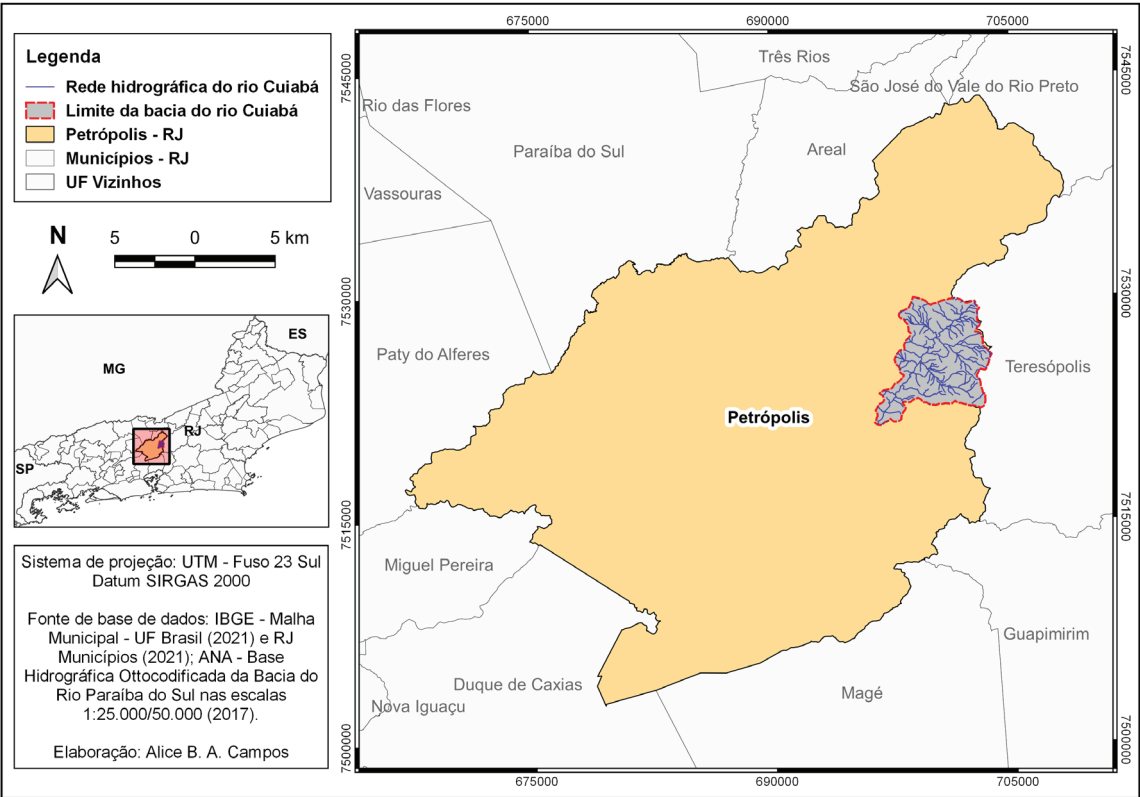


Fig. 1 - Bacia do rio Cuiabá no município de Petrópolis (Rio de Janeiro, Brasil) (Fonte: ANA, 2017 e IBGE, 2021).

Fig. 1 - Cuiabá River basin in the municipality of Petrópolis (Rio de Janeiro, Brazil) (Source: ANA, 2017 and IBGE, 2021).

e/ou fraturamentos regionais e deságua no rio Santo Antônio, afluente direto do rio Piabanha, pertencente à bacia do rio Paraíba do Sul. A bacia apresenta cristas e encostas íngremes, referentes à formação da Serra do Mar, conhecida na região como Serra dos Órgãos e, localmente, como Serra das Araras, com paredões escarpados e de formas arredondadas e vales estreitos e alongados (fig. 2), com planícies aluvionares pouco expressivas. Também apresenta forte variação altimétrica (1.100 metros), com altitudes que variam de 1.860 metros, no pico Maria Antônia, a 760 metros, na foz do rio Cuiabá.

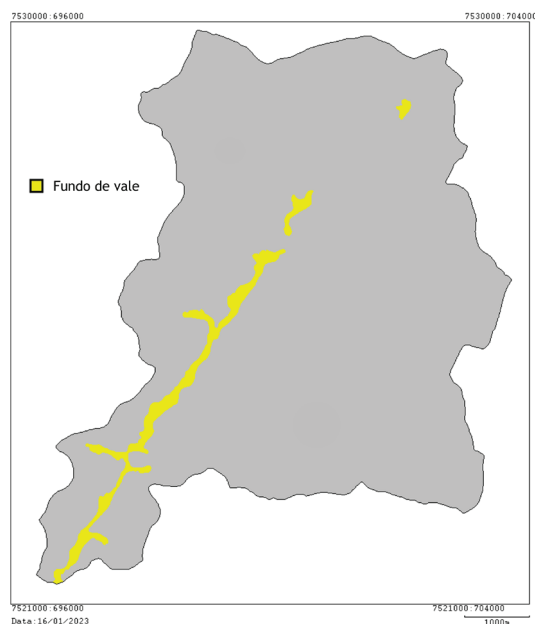


Fig. 2 - Fundo de vale da Bacia do rio Cuiabá (Petrópolis - RJ)
(Fonte: Adaptado de Botelho, 1996).

Fig. 2 - Cuiabá River basin valley floor (Petrópolis - RJ)
(Source: Adapted from Botelho, 1996).

Os solos, em sua maioria, apresentam textura média, podendo ocorrer solos argilosos (alguns Latossolos Vermelho-Amarelos) e solos arenosos (Neossolos Flúvicos), ambos sem grandes discontinuidades e impedimentos à infiltração da água verticalmente. Em termos de estabilidade, pode-se afirmar que os minerais que compõem a fração argila são, predominantemente, caulinitas e gibsitais, ou seja, argilo-minerais não expansíveis e mais estáveis quanto à ocorrência de deslizamentos.

O clima na área de estudo é o mesotérmico brando superúmido a úmido, com temperatura média anual oscilando de 18 a 19°C e precipitação média anual entre 1.500 e 1.700 mm, com chuvas concentradas nos meses de verão, com destaque para o mês de janeiro.

Percebe-se, assim, que o relevo e o regime de precipitação em Petrópolis são dois fatores importantes no desencadeamento de processos gravitacionais nas

encostas, mas não são os únicos. A retirada da vegetação original, representada pela Floresta Ombrófila Densa, também constitui fator relevante. Na bacia do rio Cuiabá, essa vegetação está restrita a alguns fragmentos por conta das intervenções antrópicas ao longo dos anos, principalmente pela atividade agrícola - a área foi palco do cultivo do café no século XX (Bartholomeu, 2019) -, além da intensa ocupação urbana ao longo dos fundos de vale e das encostas íngremes (fot. 1) (Botelho, 1996).



Fot. 1 - Pastagem em trecho da planície do rio Cuiabá, em meados da década de 1990 (Fonte: Botelho, 1996).

Photo 1 - Pastureland in a stretch of the Cuiabá River plain in the mid-1990s (Source: Botelho, 1996).

Metodologia

A primeira etapa do estudo foi realizada por meio de um levantamento de textos científicos e jornalísticos, fotos e vídeos disponíveis na internet sobre a caracterização do Vale Cuiabá e o megadesastre de 2011. Como mencionado anteriormente, o trabalho de pesquisa de Botelho (1996) foi fundamental para um panorama sobre a bacia do rio Cuiabá antes do evento e como ponto de referência para as análises sobre sua recuperação, após o evento. Além disso, informações sobre ações de mitigação e recuperação no período pós-desastre também foram levantadas nesta etapa, visto que elementos de intervenção antrópica como medidas de resposta ao desastre são importantes para compreender a continuidade do processo de recuperação.

A segunda etapa compreendeu os trabalhos de campo virtual, que foram realizados utilizando o site *Google Street View* e o programa *Google Earth Pro*, de acordo com a metodologia proposta por Campos e Botelho (2022). O *Street View* é uma ferramenta do *Google Maps* que trata de representações virtuais do ambiente elaboradas por imagens panorâmicas (Google, 2022). Essas imagens são registradas por todo o mundo pela frota do *Street View*, e em seguida são alinhadas para se tornarem imagens de 360° e ganharem a dimensão 3D (Google, 2022). Desta forma, essa ferramenta tem o potencial de gerar uma condição análoga ao campo presencial, produzindo uma simulação de ambiente 3D próxima à realidade.

O software *Google Earth*TM apresenta uma variedade de recursos como mapeamento, importação e exportação de dados de SIG (Sistema de Informação Geográfica) e visualização em 3D da superfície terrestre por imagens de satélite e fotos históricas, o que permite avaliar inúmeros processos em escala de tempo humana, como processos costeiros, movimentos de massa, entre outros (Google, 2021; Lima, 2012). Assim, essas imagens podem ser analisadas quanto ao uso da terra, por exemplo, considerando a verificação em campo (Boardman, 2016).

As imagens panorâmicas coletadas durante os campos virtuais dataram de 2011 (julho, setembro e outubro) e de 2019 (abril, maio e outubro); a primeira data está relacionada ao ano do desastre e a segunda ao período mais recente do *Street View* disponível em janeiro de 2022. Quando os registros de 2019 do *Street View* não estavam disponíveis para todos os pontos, as imagens foram substituídas pelas do *Google Earth*. O campo presencial, como a última etapa, gerou registros do ano de 2023, tendo como referência os pontos selecionados nos campos virtuais. Com isso, foi possível, para um mesmo ponto, obter registros de três cenários distintos para comparação das alterações no ambiente (fig. 3).

O campo presencial foi realizado em 23 de janeiro de 2023, para observação *in situ* e registro das condições da bacia hidrográfica, com destaque para a área de fundo de vale, onde ocorreram as maiores transformações. Acompanhou-se o curso do rio de jusante para montante, até o início do alto curso. A partir das imagens e coordenadas capturadas nos campos virtuais, procurou-se realizar os registros fotográficos do mesmo ângulo de visão das imagens panorâmicas do *Street View*, quando possível.

Para uma análise qualitativa das alterações no sistema natural, foi elaborado um quadro, que contém: (a) variáveis e (b) recuperação (QUADRO I). As variáveis referem-se aos elementos do sistema natural e a recuperação refere-se ao processo de retorno ao estado anterior ou a um novo estado de equilíbrio, sob os aspectos da origem e do tempo.

Além disso, coletou-se informação sobre as condições do tempo no dia do campo presencial e também nos dois dias anteriores, pois essas condições poderiam ter influência sobre as observações realizadas, notadamente, sobre o estado das águas do rio. Durante o campo, realizado

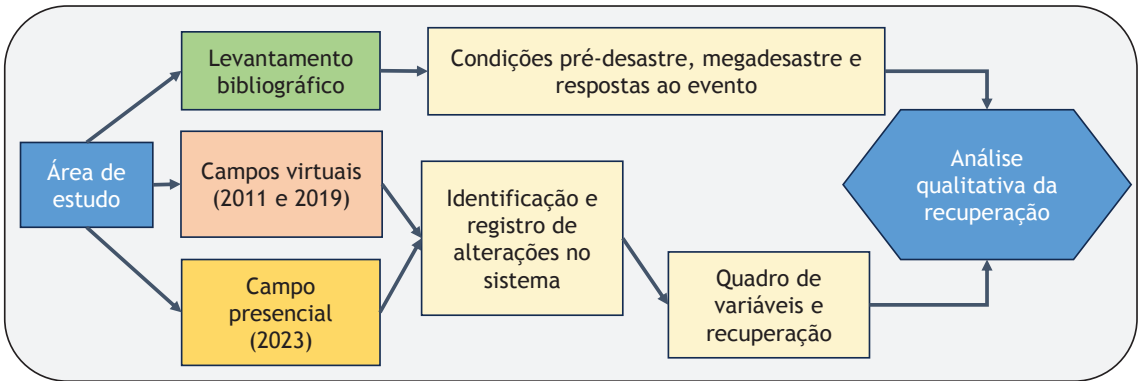


Fig. 3 - Fluxograma esquemático das etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Fig. 3 - Schematic flowchart of the research development stages.

QUADRO I - Elementos do sistema natural e características dos processos de recuperação identificados.

BOARD I - Parameters for assessing the impacts and recovery of the natural system.

VARIÁVEIS	Tipo (elemento do sistema envolvido ou sistema como um todo)	Fluvial	posição da calha, ocupação da calha pela lâmina d'água, padrão do canal, coloração da água, estado das margens e planície
		Encosta	afloramentos rochosos, cicatrizes de movimentos de massa, sinais de instabilidade
		Solo	sinais erosivos e de deposição e desorganização
		Vegetação	supressão, soterramento parcial, recomposição
		Bacia hidrográfica	rede de drenagem, nível de base local
RECUPERAÇÃO	Origem	Natural	espontânea
		Antrópica (induzida pela sociedade, por adoção de medidas)	reconstrução de acessos, terraplanagem, dragagem, retificação, contenção, revegetação, demolição
	Tempo	Prazo	curto
			médio
			longo

no alto verão, marcado por forte calor e índices pluviométricos elevados na área de estudo, verificou-se períodos nublados, com eventuais ocorrências de chuva fraca, intercalados com períodos ensolarados. Ao final do dia, ocorreu uma forte precipitação na porção média-alta do Vale, típica dessa estação do ano.

Resultados e Discussão

Bacia do rio Cuiabá: condições pré-desastre e o megadesastre

Até a década de 1970, o distrito de Itaipava era basicamente rural e a partir do ano 2000 começou a apresentar uma crescente expansão imobiliária para fora do perímetro urbano, ligada ao setor turístico (Botelho, 2011). Assim, o aumento da população rural em Itaipava nas décadas de 1990 e 2000 foi reflexo de construções aceleradas, principalmente, de condomínios de lazer, hotéis e pousadas (Botelho, 2011). Inserido no distrito de Itaipava, a situação não foi diferente no bairro do Vale do Cuiabá. Este era caracterizado pela pequena agricultura, criação de gado bovino e equino, produção de adubo orgânico e exploração madeireira, e passou, notadamente a partir de meados da década de 1990, a constituir uma das áreas de transformação de atividades e de uso e ocupação do território (Botelho e Pereira, 1996).

Na literatura científica brasileira, existem trabalhos que avaliaram as condições físicas e de uso da terra e a relação com a suscetibilidade a movimentos massa na região. Segundo Guerra *et al.* (2007), por meio da análise dos movimentos de massa, a caracterização do relevo, o histórico de planejamento urbano e a ocupação do solo no município de Petrópolis, revelou-se uma correspondência direta dos movimentos de massa com a ocupação, pluviosidade e relevo, com algumas variações entre as décadas no período entre 1960 a 1990. Apesar das limitações pelas características físicas, ressaltou-se a ocupação como a variável mais expressiva para a fragilização da área urbana, exemplificando a enchente de fevereiro de 1988 e a catástrofe de 2001, esta com 50 vítimas fatais (Guerra *et al.*, 2007). Além disso, a imprensa havia noticiado que levantamentos parciais entre 2008 e 2009, realizados nas três maiores cidades da Região Serrana, indicaram que aproximadamente 42 mil pessoas viviam em 230 áreas vulneráveis, onde foram construídas 10 mil casas (Busch e Amorim, 2011).

Sendo assim, considera-se Petrópolis como o município da Região Serrana com maior número de movimentos de massa do Estado, com características topográficas e ocupação de encostas, em grande parte, por população de baixa renda que, a cada período de grande volume de chuvas (novembro a março), sofre com novos eventos, que provocam mais mortes e grandes prejuízos materiais (Silva e Botelho, 2014). Os autores também relataram que, novamente, em abril de 2010, houve fortes

precipitações de mais de 36 horas que deflagraram vários deslizamentos em alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro, entre eles, Petrópolis.

Os eventos de forte precipitação que ocorreram entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na Região Serrana fluminense geraram uma série de movimentos de massa, majoritariamente do tipo corrida, que removeu blocos de rocha e solo das encostas e, por consequência, provocou o entulhamento e transbordamento de rios, atingindo várias construções e culminando na maior tragédia já registrada no país, num total de 918 mortos (Botelho, 2011; Canejo, 2015). As corridas, ou fluxos de lama e detritos, são uma das principais formas de movimentos de massa, caracterizadas por mobilizações de grande volume de material em velocidade média a alta em um movimento semelhante ao de um líquido viscoso, em conexão com a rede de drenagem e com extenso raio de alcance (Botelho, 2011; Corrêa, 2020).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), havia registro de um índice de 130 mm de chuva por dia, quando o esperado seria de 60 mm (Botelho, 2011). Esses fenômenos levaram a enchentes e deslizamentos em diversos locais, atingindo infraestruturas públicas, residências, comunidades de alto e baixo poder aquisitivo, estabelecimentos de saúde e escolas, comprometendo os serviços básicos e a economia regional (Freitas *et al.*, 2012). As fortes precipitações provocaram marcas (cicatrices) dos movimentos de massa nas encostas (fot. 2), que mobilizaram materiais para os fundos de vale e seguiram ao longo da rede de drenagem.



Fot. 2 - Múltiplas cicatrizes de movimentos de massa nas encostas da região do Brejal (Petrópolis - RJ) (Fonte: G1, 2021).

Photo 2 - Multiple mass movement scars on the slopes of the Brejal region (Petrópolis - RJ) (Source: G1, 2021).

No caso da bacia do rio Cuiabá, onde os movimentos de massa também foram do tipo corrida de lama, houve grandes mudanças em relação ao seu regime hidrossedimentológico (Cavalcante Filho *et al.*, 2011). Por conta da magnitude da onda de cheia, várias pontes e edificações foram destruídas (fot. 3) e, após a passagem desta, a rede de macrodrenagem foi intensamente modificada, sendo possível perceber uma nova conformação dos principais corpos hídricos (fot. 4).



Fot. 3 - Planície do rio Cuiabá com construções destruídas e soterradas pelas corridas de lama (Fonte: G1, 2021).

Photo 3 - Cuiabá River plain with buildings destroyed and buried by mudflows (Source: G1, 2021).



Fot. 4 - Planície do rio Cuiabá com entulhamento por sedimentos, restos de vegetação e habitações parcialmente soterradas pelas corridas de lama (Fonte: G1, 2021).

Photo 4 - Cuiabá River plain, clogged with sediment, remains of vegetation, and houses partially buried by the mudflow (Source: G1, 2021).

Segundo o relatório de inspeção do Ministério do Meio Ambiente (MMA), a bacia do rio Cuiabá contabilizou oficialmente 74 mortos e 80 desaparecidos (MMA, 2011). Devido aos deslizamentos, as galerias de águas pluviais ficaram obstruídas por sedimentos e outros materiais trazidos das encostas, entulho e lixo, elevando a intensidade das inundações. Além disso, estradas e pontes foram destruídas, fazendo com que o bairro do Vale do Cuiabá ficasse isolado (Fernandes, 2021). No ano de sua ocorrência, o desastre foi classificado pela ONU como o 8º maior deslizamento ocorrido no mundo nos últimos 100 anos, sendo comparado, por sua dimensão e danos, a outras grandes catástrofes, como a de Blumenau-Itajaí, Santa Catarina, em 2008, e a de Nova Orleans, Estados Unidos, em 2005 (Busch e Amorim, 2011).

Mais recentemente, em 15 de fevereiro de 2022, outro desastre afetou o centro de Petrópolis de forma trágica, após movimentos de massa serem deflagrados pela maior chuva em Petrópolis desde, pelo menos, 1932, quando o INMET começou a fazer as medições (um dos bairros registrou 259,8 mm em 24 horas de chuva, quando a média histórica esperada para todo o mês era de 202,2 mm) (Ninno, 2022), provocando mais de 240 mortes e centenas de desabrigados (Puentes *et al.*, 2022).

Medidas de mitigação e recuperação do desastre

Logo após o evento, foram realizados os pronto-atendimentos de apoio à resposta e à reabilitação ao desastre pelo Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos (DRM-RJ), promovidos pelas defesas civis municipais e Secretaria de Defesa Civil Estadual, além de uma parceria entre instituições acadêmicas para analisar os fenômenos ocorridos (Brasil, 2012). Depois das primeiras providências, o Instituto Estadual do Ambiente (Inea) promoveu ações emergenciais nas calhas de drenagem dos principais corpos hídricos afetados, como a vistoria de pontes danificadas e serviços de dragagem. Outros projetos englobaram recuperação ambiental e mitigação de inundação, ampliação do Sistema de Alerta de Cheias da Região Serrana e assistência às famílias localizadas às margens dos rios (Cavalcante Filho *et al.*, 2011).

Houve continuidade às ações do Inea por empresas que formaram o Consórcio Vale do Cuiabá, utilizando recursos do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano (Fecam) e com o intuito de realizar obras para controle de inundações e recuperação ambiental na bacia do rio Santo Antônio, do qual o rio Cuiabá é afluente (Berna, 2013). O mesmo autor destaca que o projeto, denominado Rios da Serra, teve como intervenções para os rios Santos Antônio e seus afluentes, os rios Cuiabá e Carvão, os seguintes pontos: limpeza e desassoreamento, adequação da calha de escoamento, proteção e contenção das margens, implantação de parques fluviais e reflorestamento de Áreas de Preservação Permanente (APP).

Ainda sobre o Rios da Serra, o autor relata que, devido ao grande volume de sedimentos depositados nas calhas dos rios mencionados, instabilidade e falta de proteção das margens ligados à característica do solo local e perda de mata ciliar, as ações de intervenção foram mais difíceis e complexas. Apesar da contenção e proteção das margens ser condição fundamental para o processo de recuperação dos rios em questão, nas áreas afastadas do centro urbano havia dificuldade de fixação de espécies e/ou de promover contenções, por conta das características do solo e das irregularidades dos taludes, como apontado para o rio Cuiabá (Berna, 2013). Este rio também apresentou fortes alterações na calha, que tornou-se bastante larga e rasa.

Outro tipo de intervenção do projeto se tratou da implantação de parques fluviais e de ciclovias no rio Cuiabá, na tentativa de mudar a concepção de ocupação do local e melhorar o deslocamento de moradores e visitantes. A ideia seria também construir equipamentos de lazer e infraestrutura de acesso e ciclovias nas áreas rurais, conectando locais e pontos de potencial atrativo turístico, alguns deles isolados após o megadesastre.

Aliando essas medidas ao uso de trilhas ecológicas e áreas de contemplação, a ideia foi melhorar a qualidade de vida local e incentivar o ecoturismo no município. Por fim, a recuperação das matas ciliares também foi ressaltada como fundamental para controle da erosão e da melhoria da qualidade das águas, além de colaborar para a recuperação da flora e da fauna e reordenamento dos espaços urbanos e rurais do município (Berna, 2013).

No entanto, tais obras, que iniciaram no ano seguinte ao megadesastre, foram paralisadas em 2014 e retomadas somente em 2021, fazendo com que apenas alguns trechos do curso dos rios fossem desassociados e tivessem seus leitos refeitos (Torquato, 2021). Segundo este autor, as obras foram orçadas em mais de 28 milhões de reais e ainda pretende-se intervir no desassoreamento, conformação das calhas e taludes. A coordenadora do Núcleo de Defesa Civil (Nudec) do Vale do Cuiabá e adjacências afirmou que o projeto de reflorestamento, com mudas de árvores nativas, será iniciado após a conclusão das obras (Torquato, 2021). Além disso, o Movimento do Aluguel Social e Moradia de Petrópolis e o Nudec participaram de uma reunião com o Inea para tratar a retomada das intervenções. Nesse mesmo documento, a coordenadora do Nudec também informou que moradores de algumas localidades vêm percebendo que não tem havido inundações, mesmo quando há fortes chuvas, em que há aumento importante do volume do rio.

Recuperação do sistema natural

De um total de 31 pontos selecionados na bacia do rio Cuiabá após o megadesastre de 2011 (fig. 4), foram apresentados oito pontos para atestar os diferentes tipos de alterações, principalmente em termos tipológicos, de origem, e/ou de tempo, no sistema estudado. Em alguns casos, houve a retirada do registro de 2019, caso nele não fossem detectados elementos significativos e com o intuito de realizar uma análise mais direta para o registro de 2023. Todos os pontos estão distribuídos ao longo do canal principal e a distância entre o primeiro (ao sul) e último (ao norte) pontos é de 5,79 km (fig. 4).

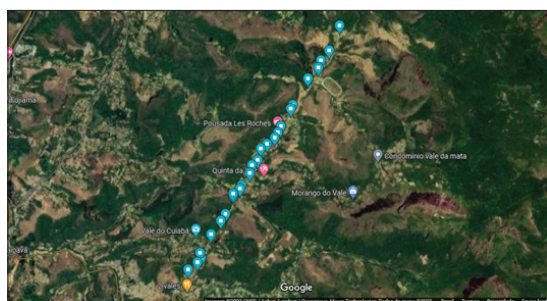


Fig. 4 - Pontos do campo virtual ao longo do rio Cuiabá (Petrópolis - RJ) (Fonte: Google Maps, 2022).

Fig. 4 - Virtual field points along the Cuiabá River (Petrópolis - RJ) (Source: Google Maps, 2022).

No Ponto 3, em 2011, identificam-se construções e indivíduos arbóreos parcialmente soterrados pelo entulhamento de sedimentos na planície, atingindo o primeiro pavimento da residência em primeiro plano e as bases das árvores próximas (fig. 5). Utilizando-se a marca da altura atingida pela lama da enxurrada na parede externa, foi estimada uma elevação de aproximadamente 4,5 metros de material mobilizado. Após o recuo das águas e realizadas as obras de terraplanagem, a espessura do pacote de sedimentos no local passou a ser cerca de um metro a mais, comparado ao momento anterior ao megadesastre. Nesse cenário de meses após o desastre, os solos se encontravam descharacterizados (por mobilização), não sendo mais possível identificá-los como unidades pedológicas. Em 2019 (fig. 6), nota-se que houve uma revegetação da planície, tanto natural como artificial, principalmente por gramíneas. Além disso, devido aos sinais de reforma, como pintura externa, e a presença de veículo na garagem, pode-se afirmar que a residência em destaque encontrava-se habitada. Assim, um novo nível de base local, mais elevado, já pôde ser percebido em 2019 (fig. 6). Em 2023 (fot. 5.a), notam-se margens mormente revegetadas e parcialmente desprotegidas e porções de vegetação avançando pelo leito do rio, o que sinaliza processos de assoreamento. A casa observada nos anos anteriores, à direita (fot. 5.b), continua habitada. Também é possível notar a elevação do nível de base na planície em comparação ao nível do rio.



Fig. 5 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 3, em 2011, entulhada por sedimentos, resposta percebida pelo soterramento parcial do primeiro pavimento da casa e da base da árvore (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 5 - Cuiabá River plain at Point 3, in 2011, clogged by sediment, response perceived by the partial burial of the first floor of the house and the base of the tree (Source: Street View, 2011).

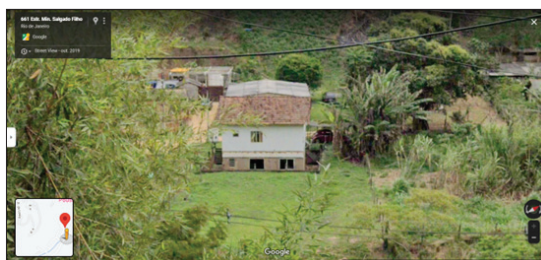


Fig. 6 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 3, em 2019, revegetada em boa parte por gramíneas, com nível de base elevado e casa reformada e habitada (Fonte: Street View, 2019).

Fig. 6 - Cuiabá River plain at Point 3, in 2019, revegetated to a large extent by grasses, with a high base level and a restored and inhabited house (Source: Street View, 2019).



Fot. 5 - Rio Cuiabá no Ponto 3, em 2023, sentido montante (a) e jusante (b), com margens mormente revegetadas e parcialmente desprotegidas e com habitações na planície (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 5 - Cuiabá River at Point 3, in 2023, upstream (a) and downstream (b), with mostly revegetated and partially unprotected banks, and housing on the plain (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

As imagens do Ponto 4 foram capturadas em uma ponte sobre o rio Cuiabá em 2011 (fig. 7) e 2023 (fot. 6), mostrando as condições do canal, das suas margens e a ocupação do solo. Antes do desastre, este trecho da planície do rio Cuiabá estava totalmente ocupado com construções até as margens. Na primeira imagem de 2011 (fig. 7.a), sentido montante, observam-se margens expostas, praticamente sem cobertura vegetal, desestabilizadas, com sinais de erosão e acúmulo de sedimentos no leito do rio. Além disso, é possível notar uma operação de dragagem do leito do rio ao fundo e que houve um nivelamento (ou terraplanagem) da planície. Na segunda imagem de 2011 (fig. 7.b), sentido jusante, também são identificadas as margens desconfiguradas,

com escombros de construções, pilastras e vigas, que foram arrastados pela força das corridas de lama. Em 2023 (fot. 6), observam-se margens mormente revegetadas por gramíneas, com partes de contenção por britas e elevada turbidez da água do canal. Ainda, foram identificadas construções remanescentes ao desastre que não foram retiradas (fot. 6.b) e um foco de exploração de areia, retirada da margem à direita (fot. 6.a) para fabricação de tijolos. Uma dessas fábricas foi detectada no ponto anterior.

Em 2011, no Ponto 7 (fig. 8), notam-se vários indivíduos arbóreos com bases soterradas pelos movimentos de massa, além de alguns desprovidos de copa, tendo perdido



Fig. 7 - Rio Cuiabá no Ponto 4, em 2011, sentido montante (a) e jusante (b), com margens expostas, sinais de erosão, leito assoreado e escombros e residências destruídas (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 7 - Cuiabá River at Point 4, in 2011, upstream (a) and downstream (b), with exposed banks, signs of erosion, silted bed and rubble, and destroyed houses (Source: Street View, 2011).



Fot. 6 - Rio Cuiabá no Ponto 4, em 2023, sentido montante (a) e jusante (b), margens mormente revegetadas, com vestígios de contenção e exploração de areia (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 6 - Cuiabá River at Point 4, in 2023, upstream (a) and downstream (b), partially revegetated banks, with traces of containment and sand mining (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

suas folhas e flores. Em primeiro plano, encontra-se uma delimitação de propriedade com estacas, portão e sinais de terraplanagem. Observam-se também a marca de mais um deslizamento na encosta ao fundo. Em 2019 (fig. 9), espécies gramíneas e arbustivas voltaram a colonizar a planície. Além do mesmo portão da imagem anterior (fig. 9), encontram-se outro, novo e aberto, com estátuas ao lado, sendo um indicativo de propriedade importante na região. Em 2023 (fot. 7), verificaram-se que esta área era uma grande pousada que foi soterrada pelos movimentos de massa e que recentemente foi ocupada por um projeto que realiza trabalhos com reciclagem em escolas. Esta porção da planície encontra-se com maior adensamento vegetativo, com espécies de médio e grande porte, por colonização e de forma artificial.



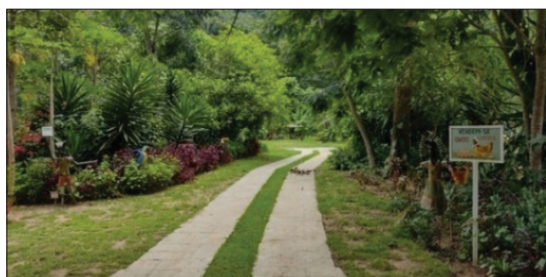
Fig. 8 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 7, em 2011, nivelada, com bases das árvores soterradas (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 8 - Cuiabá River plain at Point 7, in 2011, levelled, with tree bases buried (Source: Street View, 2011).



Fig. 9 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 7, em 2019, revegetada (Fonte: Street View, 2019).

Fig. 9 - Cuiabá River plain at Point 7, in 2019, revegetated (Source: Street View, 2019).



Fot. 7 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 7, em 2023, onde localizava-se a pousada que foi soterrada (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 7 - Cuiabá River plain at Point 7, in 2023, where the inn that was buried used to be (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

No Ponto 9, encontram-se diversas construções às margens do rio Cuiabá (fig. 10 e 11). Na imagem de 2011 (fig. 10), registram-se construções destruídas parcialmente ou totalmente pelas corridas de lama, enquanto outras já foram demolidas ou reformadas. Uma delas apresenta parte de sua estrutura sobre uma das margens, avançando para dentro do rio, demonstrando uma ocupação de grande risco. É possível também atestar a presença de materiais de construção. Em 2019 (fig. 11), já não encontram-se boa parte das residências afetadas pelo desastre; as que estavam à beira do canal foram removidas. A área da planície foi colonizada por gramíneas e a margem mais próxima apresenta uma vegetação mais adensada, porém não foi possível afirmar que tratou-se de recuperação da mata ciliar. Em 2023 (fot. 8), o registro foi feito da margem esquerda do rio, de onde é possível observar encostas muito erodidas, com plásticos sobre partes delas e obras de contenção por revegetação, telas e britas. Estas obras de contenção aparentam ser pouco eficientes, pois a margem direita não foi recuperada e partes das telas foram avistadas dentro do rio. Há também uma construção que permanece ocupada às margens do rio, que continua com aspecto de alta suspensão de sedimento.



Fig. 10 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 9, em 2011, com construções destruídas pela corrida de lama, demolidas ou em reforma (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 10 - Cuiabá River plain at Point 9, in 2011, with houses destroyed by the disaster, demolished or being restored (Source: Street View, 2011).



Fig. 11 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 9, em 2019, com parte da área recolonizada por gramíneas na margem esquerda (Fonte: Street View, 2019).

Fig. 11 - Cuiabá River plain at Point 9, in 2019, with part of the area revegetated by grasses on the left bank (Source: Street View, 2019).



Fot. 8 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 9, em 2023, na margem esquerda, com construção ocupada, encostas erodidas e obras de contenção (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/2023).

Photo 8 - Cuiabá River plain at Point 9, in 2023, on the left bank, with an occupied building, eroded slopes and containment works (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/2023).

No Ponto 12, em 2011 (fig. 12), notam-se uma encosta desprovida de vegetação e com sinais de erosão e, em sua base, obras com muros de contenção. Além disso,



Fig. 12 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 12, em 2011, com encosta com sinais de erosão e obras com muros de contenção (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 12 - Cuiabá river plain at Point 12, in 2011, with slope with signs of erosion and retaining wall works (Source: Street View, 2011).



Fig. 13 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 12, em 2019, com encosta parcialmente revegetada (Fonte: Google Earth, 2019).

Fig. 13 - Cuiabá River plain at Point 12, in 2019, with partially revegetated slope (Source: Google Earth, 2019).

há outra construção no topo desta encosta erodida, sendo mais um fator de risco para um cenário de grande vulnerabilidade. A imagem de 2019 (fig. 13) não revela grandes mudanças em relação às construções, mas aponta para uma encosta parcialmente revegetada em relação a de 8 anos atrás. No entanto, a construção em seu topo ainda estava presente. Em 2023 (fot. 9), observam-se que a encosta anteriormente exposta agora encontra-se revegetada naturalmente, porém com um estabelecimento erguido à sua frente. As construções à esquerda da estrada continuam no mesmo local e uma delas aumentou mais um pavimento.



Fot. 9 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 12, em 2023, com encosta revegetada à direita e novas construções erguidas (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 9 - Cuiabá River plain at Point 12, in 2023, with revegetated hillside on the right and new buildings erected (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

No ponto 20, está situada uma grande propriedade local (fig. 14 e 15). Na primeira imagem (fig. 14), em 2011, a margem direita do rio encontra-se muito exposta e desestabilizada, onde formou-se um meandro. Também foram identificadas obras de contenção da margem, tentativa de revegetação (replantio) por gramíneas e reconfiguração artificial da calha. No entanto, houve pouca aderência das placas de gramíneas ao pacote de sedimento, de aspecto arenoso. Ainda nesta imagem (fig. 14), notam-se parte de uma pousada ao fundo, pólo turístico de destaque, e um campo de golfe nesse trecho da planície, construído após o desastre. Oito anos depois, em 2019 (fig. 15), a planície encontra-se revegetada mormente por gramíneas, além de porções com espécies arbustivas, porém, a mata ciliar não foi recuperada nas margens e o meandro assumiu um traçado diferente. Em 2023 (fot. 10), notam-se um meandro com uma calha mais estreitada, margens revegetadas por gramíneas, contudo, ainda sem a mata ciliar. Há somente uma árvore beirando a margem direita, dentro da área da pousada.



Fig. 14 - Rio Cuiabá no Ponto 20, em 2011, com obras de contenção e revegetação por gramíneas nas margens, calha do rio reconfigurada artificialmente e campo de golfe construído (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 14 - Cuiabá River at Point 20, in 2011, with containment works and revegetation with grass on the banks, artificially reconfigured river channel and a built golf course (Source: Street View, 2011).



Fig. 15 - Planície e margens do rio Cuiabá no Ponto 20 (marcador amarelo), em 2019, revegetadas, porém sem recuperação da mata ciliar (Fonte: Google Earth, 2019).

Fig. 15 - Cuiabá River plain and banks at Point 20 (yellow marker), in 2019, revegetated, but without riparian forest recovery (Source: Google Earth, 2019).



Fot. 10 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 20, em 2023, revegetada, com calha estreitada e sem mata ciliar.

Está no mesmo ângulo de visão da fig. 14

(Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 10 - Cuiabá River plain at Point 20, in 2023, revegetated, with a narrowed channel and no riparian forest.

The view angle is the same as Fig. 14

(Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

As imagens do Ponto 23 (fig. 16 e 17) mostram um dos estábulos da região parcialmente destruído pelas corridas de lama. Muitos cavalos morreram com o megadesastre, além de um de seus tratadores (G1, 2011; Hipismo & Co, 2011). Na primeira imagem, em 2011 (fig. 16), é possível

observar a quantidade de sedimento que foi depositada na planície e a elevação do nível de base, soterrando parte da construção. Em 2019 (fig. 17), identificam-se o estábulo reformado e seu entorno e as margens do rio Cuiabá revegetadas. Na imagem de 2023 (fot. 11), observam-se a planície revegetada de forma natural ao redor do estábulo, que está reformado, e às margens do rio Cuiabá. Também é perceptível o nível de base local que permaneceu elevado em relação ao nível original da planície, devido à deposição de sedimento.



Fig. 16 - Estábulo na planície do rio Cuiabá no Ponto 23, em 2011, parcialmente destruído e soterrado pela quantidade de sedimento que foi depositada na planície (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 16 - Stable on the Cuiabá River plain at Point 23, in 2011, partially destroyed and buried by all the amount of sediment that was deposited on the plain (Source: Street View, 2011).



Fig. 17 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 23 (marcador amarelo), em 2019, com estábulo reformado e entorno e margens revegetadas (Fonte: Google Earth, 2019).

Fig. 17 - Cuiabá River plain at Point 23 (yellow marker), in 2019, with refurbished stable and revegetated surroundings and banks (Source: Google Earth, 2019).

Por fim, no Ponto 30, em 2011 (fig. 18), notam-se uma planície nivelada e sem vegetação, a calha do rio Cuiabá reconfigurada artificialmente, leito assoreado, margens desestabilizadas, construções destruídas parcialmente soterradas por sedimentos e cicatrizes dos movimentos de massa nas encostas ao fundo. A imagem seguinte é do Ponto 31, também de 2011 (fig. 19), que mostrou o mesmo trecho de planície, porém da vista sobre uma das pontes que atravessa o rio Cuiabá. A partir desse ponto, marca-se o início da planície estreita e alongada do rio Cuiabá (sentido montante a jusante) (fig. 4). A mesma



Fot. 11 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 23, em 2023, revegetada, com estábulo reformado e novo nível de base local (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 11 - Cuiabá River plain at Point 23, in 2023, revegetated, with renovated stable and new local base level (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/23).

recebeu um grande volume de material, carreado das encostas íngremes do alto e alto-médio cursos da bacia do Cuiabá, que seguiu acumulando e devastando seu fundo de vale até a foz. Por conta disso, o cenário de 2011 nesses pontos iguala-se à devastação de um tornado em grande escala. Mesmo após operações de terraplanagem, também atestam-se o aumento do nível de base da planície em até um metro, como observado nos Pontos 3 e 23, devido à altura do soterramento de algumas construções. Além disso, no Ponto 31, foi identificada uma obra de contenção das margens para auxiliar na sustentação da ponte (fig. 19).

Nas últimas imagens, datadas de 2023 (fot. 12 e 13), notam-se a planície e as margens revegetadas, com uma construção destruída remanescente ao fundo, representando o Ponto 30. Logo abaixo, representando o Ponto 31 (fot. 13), a imagem mostra o rio Cuiabá com calha mais profunda e margens revegetadas, com sinais de recuperação da mata ciliar e ponte reformada. Ao final do campo, iniciou-se uma chuva forte que elevou a quantidade de sedimentos em suspensão no rio e tornou sua coloração rapidamente amarronzada.



Fig. 18 - Rio Cuiabá no Ponto 30, em 2011, com acúmulo de sedimentos na planície, nivelamento do terreno, cicatrizes de deslizamentos das altas encostas e calha reconfigurada artificialmente (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 18 - Cuiabá River at Point 30, in 2011, with accumulation of sediment in the plain, levelling of the land, scars from landslides on the upper slopes and artificially reconfigured channel (Source: Street View, 2011).



Fot. 12 - Planície do rio Cuiabá no Ponto 30, em 2023, e margens revegetadas (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 12 - Cuiabá River plain at Point 30, in 2023, with revegetated banks (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/2023).



Fig. 19 - Rio Cuiabá no Ponto 31, em 2011 (sentido jusante), com a calha do rio reconfigurada artificialmente, leito assoreado, margens desprotegidas e com obras de contenção próximas à ponte (Fonte: Street View, 2011).

Fig. 19 - Cuiabá River at Point 31, in 2011 (downstream), with the river channel artificially reconfigured, silted bed, unprotected banks, and containment works close to the bridge (Source: Street View, 2011).



Fot. 13 - Rio Cuiabá no Ponto 31, em 2023, sentido jusante, com calha e margens revegetadas e ponte reformada (Fotografia de Rosângela Botelho, tirada a 23/01/23).

Photo 13 - Cuiabá River at Point 31, in 2023, downstream direction, with revegetated channel and banks and a renovated bridge (Photograph by Rosângela Botelho, taken on 23/01/2023).

Por conta da alta cobertura de nuvens próximas à planície, não foi possível atestar o grau de recuperação das cicatrizes nas encostas a partir destes pontos.

De forma geral, é possível afirmar que os movimentos de massa deixaram marcas de destruição pela planície da bacia do rio Cuiabá. Os elementos do sistema natural mais preponderantes em 2011 foram: calha desconfigurada, margens do rio expostas e instáveis, leito assoreado, afloramento de substrato rochoso nas encostas, solo descaracterizado, supressão e soterramento parcial de vegetação, elevação do nível de base e construções destruídas e/ou parcialmente soterradas. As ações antrópicas observadas, em termos de recuperação, foram reformas e remoções de construções de pequeno porte, obras de revegetação, reconstrução de acessos, contenção, dragagem e terraplanagem, realizadas principalmente em curto e médio prazo. Em 2019, de forma geral, foi observada uma colonização espontânea por gramíneas sobre a planície, margens e encostas, porém com parcial ou nenhuma recuperação da mata ciliar, além de algumas construções reformadas. Em relação a 2023, foram notados poucos ou nenhum avanço no processo de recuperação da bacia do rio Cuiabá, considerando a situação da planície e das margens que permaneceram revegetadas, porém, mais uma vez, quase sem nenhum desenvolvimento da mata ciliar. Além disso, a detecção de pontos de retirada de material das margens e a situação das encostas erodidas próximas ao rio, além da própria interrupção das obras, podem ter colaborado para o comprometimento do processo de recuperação.

Conclusão

As respostas a grandes desastres são marcadas desde seus impactos sobre um sistema e reverberam-se ao longo do tempo de diferentes formas. Essas reações podem demandar intervenções para contribuir com os processos de recuperação ou podem não necessariamente ser passíveis de recuperação. Tais intervenções na bacia do rio Cuiabá, em forma de ações mais emergenciais, como deslocamento da população para fora de áreas de risco e desobstrução de acessos e vias, foram mais frequentes no cenário de 2011, assim como as de recuperação, que estiveram mais ligadas às ações estruturais, como obras de dragagem e terraplanagem, reconfiguração da calha e contenção de margens e pontes.

O solo e a calha foram os componentes que mais sofreram alterações e interferências, transformando-se ao longo do tempo, tanto pelas descaracterizações quanto pelas ações pontuais de contenção e reconfiguração artificial. No entanto, somente a calha apontou alguma recuperação, assim como as margens, que foram revegetadas parcialmente em alguns pontos, sendo de forma muito incipiente pela mata ciliar. Outros componentes não foram capazes de ser

recuperados, como os solos característicos e o nível de base, que faziam parte da planície no estágio anterior ao megadesastre. Assim, parte do sistema vai entrando em um novo estágio de acomodação e adaptação, que podem vir a ser investigadas e monitoradas por outros tipos de resposta a médio-longo prazo.

Com relação aos elementos em 2019, ainda que houvesse interferência humana por obras de revegetação, as mudanças naturais mais sensíveis estiveram, até então, mais associadas à capacidade de recuperação do sistema natural em encostas e áreas menos antropizadas, por meio da colonização natural por espécies da região. Enquanto isso, os processos de recuperação artificial (principalmente por gramíneas) eram mais evidenciados ao longo das margens e planície.

A interrupção das obras por sete anos gerou processos de recuperação inacabados, o que pode vir a comprometer a capacidade da bacia do Cuiabá de responder a futuros eventos de grande magnitude, tanto do aspecto natural quanto do antrópico. O campo presencial, em 2023, demonstrou pouco ou nenhum avanço do processo de recuperação da bacia do rio Cuiabá em relação a 2019, visto que as obras haviam retornado há dois anos. Ou seja, em um período de 12 anos, do megadesastre ao campo presencial, houve obras de recuperação somente entre 4 e 5 anos.

Além disso, a situação das construções e residências de pequeno porte e a de grandes propriedades apresenta mais uma faceta complexa dos desastres. Apesar de respostas positivas em relação ao não alagamento de casas em algumas localidades, a permanência das pessoas nas áreas de risco gera grande preocupação, pois demonstra como condições de vulnerabilidade são muitas vezes negligenciadas e retroalimentadas, podendo desencadear novas tragédias, somados ainda à falta de gestão pública e comunicação efetivas (Freitas *et al.*, 2012).

Ainda que haja limitações metodológicas no estudo em questão, visto que não foi possível obter os mesmos ângulos de análise para todas as imagens de satélite, aéreas e/ou registros presenciais, entende-se que os resultados trouxeram uma grande colaboração a nível de processos de recuperação de sistemas naturais em um contexto de pós-desastre.

Mesmo que as medidas emergenciais de resposta e reabilitação a desastres sejam essenciais e estratégicas para mitigar condições de vulnerabilidade extrema, é fundamental trabalhar a recuperação ambiental como um projeto de vigilância e prevenção constante. Logo, pensar e planejar neste contexto de turbulência implica em conseguir aliar soluções, atuações e recursos, em função de múltiplas escalas espaciais e temporais, e focar a recuperação em políticas que promovam adaptação a

longo prazo (Santos, 2009). Sistemas ambientais mais adaptados e resilientes tendem a se recuperar melhor em cenários de crise como os gerados por eventos extremos.

Dadas as evidências de transformações do sistema natural estudado, ainda não houve uma recuperação total da bacia do rio Cuiabá em um período de 12 anos, mas em alguns trechos da planície e encostas. Desta forma, sugerem-se uma aceleração no processo de reflorestamento e contenção de taludes, fiscalização do uso e ocupação do solo na planície, remoção de construção às margens e suporte aos moradores de maior vulnerabilidade e realocação para fora de áreas de risco, com foco no potencial ecoturístico da região.

Referências bibliográficas

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2017). Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Paraíba do Sul nas escalas 1:25.000/50.000. In: *Catálogo de Metadados da ANA*. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/97100ae2-f173-4be7-a827-6252d3ce0718>. Acesso em 13 out. 2022.
- Bartholomeu, M. C. (2019). A cafeicultura e a Estrada União e Indústria: Transformações espaciais e desenvolvimento desigual em meados do século XIX. *Terra Brasilis* [Online], 11. DOI: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.3852>
- Berna, V. (2013). Petrópolis recebe obras contra enchentes. *Revista do Meio Ambiente*, ano VIII, ed. 62, 10-13. *Rebia - Rede Brasileira de Informação Ambiental*. Disponível em: <https://issuu.com/portal-do-meio-ambiente/docs/revista-do-meio-ambiente-062>. Acesso em: 17 ago. 2023.
- Boardman, J. (2016). The value of Google Earth™ for erosion mapping. *Catena*, 143, 123-127.
- Botelho, R. G. M. (1996). *Identificação de unidades ambientais na bacia do rio Cuiabá (Petrópolis - RJ) visando ao planejamento do uso do solo (Dissertação de Mestrado em Geografia)*. Rio de Janeiro, PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 114 p.
- Botelho, R. G. M. (2011). O planejamento ambiental e a ocorrência de desastres: o caso da bacia do rio Cuiabá (Petrópolis - Rio de Janeiro). In: *III Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas*.
- Botelho, R. G. M., Pereira, A. (1996). Transformação do Espaço Geográfico e seus Riscos Ambientais: o caso da bacia do rio Cuiabá (Itaipava - Petrópolis/RJ). In: *Encontro Nacional de Geógrafos*. Recife - PE, v. 2, 381-383.
- Brasil (2011). Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. *Anuário brasileiro de desastres naturais: 2011*. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2012. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Anuario-de-Desastres-Naturais-2011.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.
- Busch, A. e Amorim, S. (2011). *A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas*. Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) - Casoteca de Gestão Pública.
- Campos, A. B. A. e Botelho, R. G. M. (2022). *Street View e Google Earth* como ferramentas investigativas de alterações na paisagem: os campos virtuais. *William Morris Davis - Revista de Geomorfologia*, v. 3, n. 2, 1-19. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.168>
- Canejo, A. (2015). *N.º de vítimas em tragédia no RJ pode ser 10 vezes maior, dizem entidades*. G1 Região Serrana, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2015/08/entidades-apontam-subnotificacao-de-vitimas-da-tragedia-de-2011-na-serra.html>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- Carvalho, C. S. e Galvão, T. (Org.). (2006). *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 111 p.
- Cavalcante Filho, E. C. C., Vidal, D. H. de F., Farias Júnior, J. E. F. de, Gonçalves, V. S. do A. P., Ferreira, M. A. da S., Viana, L. V., Santos, M. de O. R. M. dos, Johnsson, R. M. F. (2011). Tragédia Climática E Ambiental Na Região Serrana/RJ 2011: Diagnóstico, Desafios E Ações. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. In: *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió.
- Christofoletti, A. (1979). *Análise de sistemas em Geografia*. São Paulo: Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 106 p.
- Corrêa, C. V. S. (2020). Ageotecnologia no monitoramento, alerta e prevenção de desastres - os desastres naturais e tecnológicos no cenário brasileiro e estudos de caso do emprego de geotecnologias como subsídio a sua mitigação. *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*, 390-417.
- CRED - CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (2022). Disasters in numbers. *Brussels: CRED*; 2023. Disponível em: https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.
- Dantas, M. E., Motta, M., Botelho, R. G. M. (2022). Contexto geológico e geomorfológico dos eventos em Petrópolis 2022. *União da Geomorfologia Brasileira*. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/128-e3qVbdcmdVe9o4T2HCU895WK_awGd/view. Acesso em: 10 abr. 2024.

- Fernandes, M. C., Oliveira, L. F. B., Colares, I. V. V., Araújo, R. S., Lima, P. H. M. (2017). Comportamento de análises em superfície planimétrica e modelada frente a representações cartográficas e índices geomorfológicos - Bacia do rio Cuiabá - Petrópolis (RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(4). DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1210>
- Fernandes, W. (2021). Tragédia do Vale do Cuiabá completa 10 anos hoje. *Diário de Petrópolis*, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.diariodepetropolis.com.br/integra/tragedia-do-vale-do-cuiaba-completa-10-anos-amanha-189339>. Acesso em: 10 out. 2021.
- Freitas, C. M. D., Carvalho, M. L. D., Ximenes, E. F., Arraes, E. F., & Gomes, J. O. (2012). Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência - lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*: 17(6), 1577-1586.
- G1 - Jornal Nacional (2011). *Quinze cavalos do Jockey Club Brasileiro morrem em Itaipava (RJ)*. G1, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/01/quinze-cavalos-do-jockey-club-brasileiro-morrem-em-itaipava-rj.html>. Acesso em: 15 set. 2023.
- G1 - Região Serrana (2021). Confira imagens marcantes da tragédia de 2011 na Região Serrana do RJ. G1, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2021/01/11/confira-imagens-marcantes-da-tragedia-de-2011-na-regiao-serrana-do-rj.ghml>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- Google. *O globo terrestre mais detalhado do mundo*. Google Earth [online]. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- Google. *O que é o Street View?* Google Maps [online]. Disponível em: <https://www.google.com/streetview/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- Google Earth. *Vale do Cuiabá. Itaipava, Petrópolis - RJ*. Google Earth Pro [software gratuito]. Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO. Landsat/Corpenicus. 3 imagens de satélite (2019). Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 13 jan. 2022.
- Google Maps. *Seus lugares: Campo bacia do Cuiabá. Itaipava, Petrópolis - RJ*. Google Maps [online]. 1 fotografia aérea. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 16 dez. 2021.
- Guerra, A. J. T., Gonçalves, L. F. H., & Lopes, P. B. M. (2007). Evolução Histórico-Morfológica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas últimas décadas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, n.º 1, 35-43.
- Hipismo & Co. (2011). *Tragédia das chuvas nos haras da região serrana do Rio*. Rio de Janeiro. Disponível: <https://www.hipismoeco.com.br/blog/tragedia-das-chuvas-nos-haras-da-regiao-serrana-do-rio/>. Acesso em: 15 set. 2023.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2021). *Malha Municipal - Unidades Federativas do Brasil e Municípios do Rio de Janeiro*. In: *Geociências, Organização do território, Malhas territoriais*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 2 fev. 2022.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2019). *Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação*. Rio de Janeiro, 54 p.
- Lima, R. N. S. (2012). Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da Geomorfologia. *Revista de Ensino de Geografia*, Uberlândia, v. 3, n. 5, 17-30.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2011). *Relatório de Inspeção. Área atingida pela tragédia das chuvas Região Serrana do Rio de Janeiro*. Brasília - DF.
- Ninno, L. (2022). *Desastre em Petrópolis: população vulnerável acentua impacto da crise climática*. National Geographic - Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/02/desastre-em-petropolis-populacao-vulneravel-acentua-impacto-da-crise-climatica>. Acesso em dez. 2022.
- Puente, B. (2022). *Tragédia em Petrópolis completa três meses neste domingo*. CNN Brasil, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/tragedia-em-petropolis-completa-tres-meses-neste-domingo/>. Acesso em dez. 2022.
- Ross, J. L. S. (2019). Bacia Hidrográfica: Unidade de Análise Integrada. In: Morato, R. G., Kawakubo, F. S., Galvani, E., Ross, J. L. S. (Orgs.). *Análise Integrada em Bacias Hidrográficas - Estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo*. São Paulo: FFLCH/USP.
- Rossato, M. S. e Botelho, R. G. M. (2002). *Erosão Urbana no Brasil*. In: *XIII Encontro Nacional De Geógrafos - João Pessoa - PB*.
- Santos, F. T. (2009). Resiliência estratégica para um desenvolvimento regional sustentável. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional Angra do Heroísmo, Portugal. n. 20, 29-40.
- Silva, A. S. e Botelho, R. G. M. (2014). Cap. 7 - Degradação dos solos no estado do Rio de Janeiro. In: Guerra, A. J. T., Jorge, M. C. O. (Orgs.). *Degradação dos solos no Brasil*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

- Souza, K. R. G. (2020). Risco tecnológico como vetor de desenvolvimento do risco ambiental. O caso da região da Costa Verde- Serra do Mar (RJ). In: Lourenço, L.; Lima, H. R. (Coords). *Resiliência ao Risco*, volume 8 da série Estudos Cindínicos. RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coimbra, ISSN 2184-5727, 53-90. DOI: https://doi.org/10.34037/978-989-54942-7-9_8_3
- Souza, K. R. G. e Lourenço, L. A. (2015). Evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. *Revista Territorium*, n.º 22 "Riscos. Territórios de Convergência", Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e segurança; IUC - Imprensa da Universidade de Coimbra, ISSN: 0872-8941, Coimbra, 31-44. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_22_1
- Street View. *Vale do Cuiabá. Itaipava, Petrópolis - RJ*. Google Maps [online]. 14 fotografias panorâmicas (2011 e 2019). Disponível em: <https://www.google.com/streetview/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- Tominaga, L. K. (2015a). Cap. 2 - Escorregamentos. In: Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. (Orgs). *Desastres naturais: conhecer para prevenir* - 3a ed. - São Paulo: Instituto Geológico.
- Tominaga, L. K. (2015b). Cap. 9 - Análise e Mapeamento de Risco. In: Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. (Orgs). *Desastres naturais: conhecer para prevenir* - 3a ed. - São Paulo: Instituto Geológico.
- Tominaga, L. K. (2007). *Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP (Tese de Doutorado em Ciências - Geografia Física)*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Torquato, P. (2021). *Obras de recuperação ambiental dos rios do Vale do Cuiabá são retomadas depois de sete anos*. Diário de Petrópolis. Petrópolis - RJ. Disponível em: <https://www.diariodepetropolis.com.br/integra/obras-de-recuperacao-ambiental-dos-rios-do-vale-do-cuiaba-sao-retomadas-depois-de-sete-anos-195314>. Acesso em: 20 set. 2023.
- UNDP - UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (2004). *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*. United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery, One United Nations Plaza, New York - USA.
- Yu, M., Yang, C., & Li, Y. (2018). Big data in natural disaster management: a review. *Geosciences Article*, 1658 (5), 1-26. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences8050165>

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



FATORES DE VULNERABILIDADE SOCIAL ASSOCIADOS ÀS INUNDAÇÕES
NA ÁREA RURAL DE GUARATUBA/PR*

SOCIAL VULNERABILITY FACTORS ASSOCIATED WITH FLOODS
IN THE RURAL AREA OF GUARATUBA/PR

Sabrina Rebeca Berbetz

Instituto Superior de Administração e Economia- ISAE (Brasil)

ORCID 0000-0001-5999-2428 sberbetz@hotmail.com

Ariadne Farias

Universidade de Vassouras - Univassouras (Brasil)

ORCID 0000-0002-2816-0968 ariadnegeo21@gmail.com

RESUMO

O presente estudo versa sobre a possibilidade de práticas no setor público alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Esta pesquisa analítica teve o objetivo de identificar os fatores de vulnerabilidade social associados às inundações na área rural do município de Guaratuba, Brasil. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas e coleta das coordenadas geográficas das propriedades rurais das famílias com alto índice de vulnerabilidade social (IVS), no contexto de exposição aos eventos hidrometeorológicos no município. Como resultado, foram considerados os seguintes fatores de vulnerabilidade social associados às inundações: I) adequação de domicílio; II) perfil e composição familiar; III) trabalho e renda e IV) escolaridade. Foram encontrados registros de 1.268 ocorrências de inundações com 5.455 pessoas afetadas. Também se apresentou o mapeamento da vulnerabilidade social associada às inundações na área rural, enquanto produto técnico e tecnológico (TTP), um instrumento que poderá subsidiar as estratégias de redução de riscos de desastres, bem como as ações do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) e da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.

Palavras-chave: Psicologia socioambiental, sustentabilidade, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

ABSTRACT

The present study focuses on the idea of government action being aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) contained in the 2030 Agenda for Sustainable Development. This analytical research set out to identify the Social Vulnerability Factors associated with flooding in the rural area of the municipality of Guaratuba, Brazil. This was achieved by conducting a literature search and collecting the geographic coordinates of rural properties of families with a high Social Vulnerability Index (SVI), in the context of exposure to hydrometeorological events in the municipality. As a result, the following social vulnerability factors associated with floods were considered: I) fitness of residence; II) family composition and profile; III) work and income, IV) education. There were records of 1,268 events with 5,455 people affected. The mapping of social vulnerability associated with flooding in rural areas has also been presented as a technical and technological product (TTP), an instrument that could support disaster risk reduction strategies, as well as the actions of the Social Assistance Reference Centre (CRAS) and the Municipal Civil Defence Coordination.

Keywords: Socio-environmental psychology, sustainability, Sustainable Development Goals (SDGs).

* O texto deste artigo foi submetido em 10-03-2023, sujeito a revisão por pares a 13-03-2023 e aceite para publicação em 20-03-2024.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Discussões socioeconômicas e ambientais, especialmente após a pandemia de COVID-19, têm contemplado estratégias de governança e sustentabilidade dos países mediante as crises climáticas e, consequentemente, os riscos que acometem a sociedade e comprometem a implantação das metas de desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION, 2021; Freitas *et al.*, 2020). As propostas envolvem iniciativas e colaboração de todos os setores, definindo metas e compromissos globais.

A Agenda 2030 consiste em 17 objetivos audaciosos para enfrentar os principais problemas no Brasil e no mundo, por isso, é um apelo global à humanidade e suas organizações para atingirmos a paz e prosperidade alinhadas à proteção do meio ambiente. São eles: 1) Erradicação da Pobreza; 2) Fome Zero; 3) Boa Saúde e Bem-Estar; 4) Educação de Qualidade; 5) Igualdade de Gênero; 6) Água Limpa e Saneamento Básico; 7) Energia Acessível e Limpa; 8) Emprego Digno e Crescimento Econômico; 9) Indústria, Inovação e Infraestrutura; 10) Redução das Desigualdades; 11) Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12) Consumo e Produção Responsáveis; 13) Combate às Alterações Climáticas; 14) Vida De Baixo D'Água; 15) Vida Sobre a Terra; 16) Paz, Justiça e Instituições Fortes e 17) Parcerias em Prol das Metas.

A formulação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 e o caminhar da sociedade para ideologias mais sustentáveis torna imperativo pensar em ações que considerem o fator sustentabilidade nos processos decisórios das empresas, especialmente no setor público. Com isso, o conhecimento das ações aplicadas e a elaboração de estratégias para atingir as metas globais se fazem necessários (UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION, 2021).

O ODS 11 pretende, de maneira geral, tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Prevê o acesso à moradia digna e também versa sobre a priorização das pessoas em vulnerabilidade. Salienta a importância do olhar para os desastres, suas implicações e medidas a serem tomadas a fim de reduzir o número das pessoas afetadas, inclusive prevendo o planejamento e gestão de assentamentos humanos como uma estratégia adequada para atingir tais metas.

De acordo com o Sistema Informatizado de Defesa Civil (SISDC), implementado pela Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (PR), região sul do Brasil, foram registradas 108 ocorrências de desastres hidrometeorológicos no período entre 15 de dezembro de 1980 e 31 de outubro de 1999, no município de Guaratuba, cidade litorânea do Estado do Paraná. Entre os anos de 2000 e 2020 essas ocorrências praticamente duplicaram.

Somente no ano de 2021 esse número ultrapassou 700 ocorrências, indicando um aumento significativo de desastres hidrológicos nos últimos anos. Dados consistentes com os achados internacionais que apontam um aumento de 80 % no número de pessoas afetadas pelos desastres nos últimos oito anos (UNITED NATIONS, 2023; Cardoso e Borges, 2023). Por isso, faz-se necessária a caracterização desses eventos e suas implicações, bem como o mapeamento da vulnerabilidade social frente às inundações na área rural de Guaratuba.

Enquanto psicóloga e parte integrante da equipe do CRAS volante, referência governamental no manejo das políticas públicas voltadas para famílias em vulnerabilidade social, é necessário ter uma pauta de trabalho que contemple a questão territorial das famílias em vulnerabilidade social, tanto da área urbana quanto da área rural (minorias). Dentro das atribuições de atendimento psicossocial é possível incluir discussões acerca das percepções individuais e coletivas, tais como percepção de risco e da própria vulnerabilidade social.

Tais diálogos são importantes ferramentas para a promoção da autonomia das famílias, ampliando a percepção do próprio contexto social e engajamento em ações possíveis para o desenvolvimento das mesmas. Esses são passos importantes para descrever, compreender e, assim, poder analisar as possíveis práticas para a redução dos riscos de inundação que beneficiem a população afetada.

Considerando o aumento das ocorrências de eventos hidrometeorológicos no município de Guaratuba, especialmente na área rural, que acometem pessoas em alta vulnerabilidade, o presente estudo teve como objetivo geral analisar os fatores de vulnerabilidade social associados às inundações na área rural do município de Guaratuba/PR, cidade litorânea do sul do Brasil.

Como objetivos específicos teve-se a) elaborar uma contextualização histórica dos eventos de inundação na área rural de Guaratuba; b) caracterizar as famílias identificadas com alta vulnerabilidade social e suas relações com as inundações na área rural em Guaratuba/PR e c) mapear as áreas de vulnerabilidade social associadas às inundações na área rural de Guaratuba, como proposta de Produto Técnico e Tecnológico.

Fundamentação teórica

As mudanças climáticas aparecem como tema emergente nas discussões em vários artigos científicos (Birkmann *et al.*, 2013), pois afetam os ecossistemas, interferem nos ciclos hidrológicos, no dinamismo de carbono em ambientes aquáticos e terrestres, geram alterações na taxa de precipitação/sazonalidade e aumento de temperatura. Também estão ligadas à perda da biodiversidade, aumento de incêndios e aumento da taxa de CO₂ na atmosfera (Artaxo, 2020).

Acompanhando essas mudanças climáticas, os eventos climáticos extremos também se tornaram cada vez mais recorrentes, bem como a intensificação e magnitude dos desastres (Carvalho, 2019). Os extremos climáticos fazem parte da história da Terra e são caracterizados pela continuidade de um padrão climático global persistente. No entanto, as ações humanas tem acelerado o aquecimento global e causado impactos irreversíveis, tais como o desaparecimento de geleiras e extinção de espécies (IPCC, 2023).

No Brasil, dados apontam para o aumento de 40 % no número de ocorrências de desastres naturais registradas no início do século XXI em relação aos últimos 10 anos do século passado (BRASIL, 2014). Ao observar essas ocorrências mundialmente, mais de 40 % são relacionadas a inundações, 28 % a tempestades e 8 % correspondem a terremotos (UNITED NATIONS, 2020). No Brasil, as enxurradas e inundações correspondem a 32,6 % (BRASIL, 2014).

No último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), foi feita uma síntese de estudos dos últimos anos sobre as consequências do aquecimento global e perspectivas futuras. Uma das conclusões desse documento foi a necessidade da redução das emissões globais pela metade até 2030 [48 %] e até 99 % até 2050, incluindo a redução de combustíveis fósseis para um futuro resiliente e habitável (IPCC, 2023).

As consequências dos extremos climáticos se apresentam para grupos sociais e regiões de maneiras diferentes, pois são agravadas pela vulnerabilidade social (Smith, 2006). Por exemplo, a mortalidade por inundações, secas e tempestades, no período de 2000-2010, foi 15 vezes maior em regiões de vulnerabilidade comparativamente às demais regiões (IPCC, 2023).

O conceito de vulnerabilidade é apresentado como apenas um dos componentes de risco de inundação, somado ao perigo e exposição/suscetibilidade. Estudos do grupo de Romero (2012) ampliaram o conceito e o dividiram em vulnerabilidade inerente (capacidade adaptativa das estruturas) e resiliência urbana (habilidade da população de recuperação/superação).

A vulnerabilidade social tem diferentes definições por ser estudada por diferentes perspectivas relacionadas com diferentes áreas de estudo e sua importância tem-se mostrado na frequência em que aparece nos estudos, principalmente, nas áreas sociais e de saúde (Scott *et al.*, 2018). Apesar de algumas diferenças de enfoque, é fácil visualizar um denominador em comum ao observá-la como multifacetada e influenciada por atributos pessoais, escolaridade, inserção no mercado de trabalho, características do domicílio e acesso a serviços (Cançado *et al.*, 2014; Rasch, 2015).

No Brasil, as iniciativas governamentais de assistência social traduzem-se em atendimentos e planejamento de ações

contemplando a população em vulnerabilidade social. Esse serviço é ofertado no Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), uma das estruturas públicas que atendem essa demanda gratuitamente, apoiada em recursos e repasses estaduais e federais. O CRAS é a unidade em torno da qual se organizam os serviços de proteção básica que buscam prevenir situações de risco, como violências e insegurança alimentar. Todo território nacional conta com pelo menos uma unidade por cidade, dependendo do tamanho da população de cada região (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME, 2009).

Diante de eventos que expõem as famílias a situações vulnerabilizantes, como ocorrências de eventos climáticos extremos no município de Guaratuba, os atendimentos são prestados pela Defesa Civil em parceria com o CRAS, como foi observado no mês de dezembro de 2021 em decorrência da chuva de granizo que danificou os telhados das casas e mais de 300 famílias foram auxiliadas.

A Defesa Civil proveu auxílio com o fornecimento de lonas e telhas para as pessoas afetadas e o CRAS localizou as famílias por meio do Cadastro Único (sistema nacional de registro de famílias em vulnerabilidade social utilizado pelo CRAS) para realizar as entregas. Em 2019 também houve uma ação semelhante de entrega de telhas e lonas na área rural para atender as pessoas afetadas pelo “Ciclone Bomba” que destruiu boa parte dos cultivos agrícolas.

Ao analisar a vulnerabilidade social em relação às inundações na área rural de Guaratuba/PR, é importante ressaltar alguns conceitos-chave utilizados no presente estudo, especialmente, os termos relacionados a eventos hidrológicos extremos (QUADRO I). Alguns conceitos foram retirados das discussões acerca do “ciclo de catástrofes”, integrando vários componentes numa visão global de risco (Lourenço e Almeida, 2018).

O evento hidrometeorológico que ocorre em áreas rurais pode ser atribuído à condição geomorfológica do terreno. Situado em áreas que margeiam os cursos de água, são chamadas de planícies de inundação, com topografia baixa e solos aluviais considerados férteis para o plantio (Borges e Ferreira, 2019).

A vegetação nas planícies de inundação tem um papel importante, atuando na barragem de parte da precipitação, gerando escoamento e protegendo o solo contra a erosão. É denominada mata ciliar e é considerada Área de Preservação Permanente (APP), cuja área é variável em função da largura do rio. Também atua como proteção dos recursos hídricos, da diversidade de micro e macrossistemas, fauna e flora. A perda da cobertura vegetal, muitas vezes para o uso agrícola, pode aumentar a frequência das inundações e assoreamento dos rios (Tucci, 2008). Assim, foi instituída a Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, e a Resolução do CONAMA n.º 303 de 2002, que prevê a conservação da mata ciliar.

QUADRO I - Conceitos relevantes no presente estudo.

TABLE I - Relevant concepts in this study.

Termos	Conceitos
Alagamento	Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagens deficientes (Castro, 2009).
Enchente	Elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Não há transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes (Castro, 2009).
Inundações Ribeirinhas	Ocorre quando o rio ocupa o seu leito maior durante o período de vazões altas. O termo inundação ribeirinha é adotado para caracterizar o processo de inundação nas áreas ocupadas pela população rural
Fatores de vulnerabilidade social	Físicos (atributos individuais), sociais, econômicos, políticos, culturais, educacionais e ambientais.
Vulnerabilidade social	Condições determinadas pelos fatores de vulnerabilidade, que aumentam a fragilidade de uma comunidade ao impacto de ameaças e deixam as pessoas mais expostas e sensíveis ao perigo.
Risco	Probabilidade de ocorrência de acontecimentos danosos. Tem a crise como sua manifestação.
Perigo	Desencadear da manifestação da crise, dado pelos sinais de alertas antes referidos, outros desvios e anomalias.
Crise	Manifestação do risco fora do controle do ser humano

Fonte: Adaptado de Farias (2019) / Source: Adapted from Farias (2019).

Metodologia

O presente artigo configura-se como um estudo de caso cuja unidade de análise é a área rural do município litorâneo do Estado do Paraná, Guaratuba. As subunidades se referem às várias famílias em alta vulnerabilidade social localizadas nessa área (Yin, 2001). Para a coleta de dados foi realizado levantamento bibliográfico e documental, além de pesquisa de campo realizada por meio de entrevistas com a população que reside na área rural do município sobre suas experiências com as consequências das inundações. Além disso, foram realizados trabalhos de campo para observações empíricas e análise dos fatores (norteados pelos dados apresentados no sistema do Programa Nossa Gente Paraná) responsáveis pela produção das vulnerabilidades sociais da população rural frente aos desastres hidrometeorológicos, especialmente aos eventos de inundação.

Os fatores de vulnerabilidade contemplados neste estudo foram: 1) Adequação de domicílio, 2) Perfil e composição familiar (englobando aspectos de saúde, quantidade de membros e aspectos individuais e coletivos), 3) Acesso ao trabalho e renda e 4) Escolaridade. Esses fatores são contemplados na literatura e também estão inclusos nas categorias elencadas no questionário familiar (fig. 3) relatado no sistema do CadÚnico e incluídos nas categorias contempladas na construção do índice de vulnerabilidade social das famílias (IVFPR) pelo Programa Nossa Gente Paraná.

Na primeira etapa, para a caracterização da área de estudo e construção do referencial teórico sobre vulnerabilidade social e desastres, foram utilizadas fontes de dados secundárias como levantamento bibliográfico por meio de plataformas online de bases de dados. O levantamento documental envolveu a consulta de órgãos municipais, estaduais e federais; da Defesa Civil, instituição oficial, e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na segunda etapa, para selecionar a população da área rural do município de Guaratuba/PR foram coletados os dados demonstrados no sistema do Programa Nossa Gente Paraná do Governo do Estado do Paraná, o qual utiliza, por sua vez, os dados fornecidos pelo Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico).

O CadÚnico é um Sistema do Governo Federal do Brasil para identificar pessoas ou famílias em vulnerabilidade social. Analisa os dados familiares considerando trabalho, território, membros familiares, idade, escolaridade, pessoas com deficiência e renda *per capita* familiar. É possível categorizar as famílias por critérios de renda e identificar famílias aptas para recebimento de benefícios ou inclusão em programas sociais, como por exemplo, transferência de renda (Bolsa Família).

O Programa Nossa Gente Paraná é um Programa Estadual com Sistema próprio integrado às informações coletadas pelo CadÚnico. Foi elaborado e implementado com o objetivo de priorizar o atendimento integrado às famílias em vulnerabilidade social. Envolve a participação de diversas Secretarias e órgãos do Estado, tais como: Assistência Social, Saúde, Educação e Habitação.

Trata-se de 8.242 (oito mil, duzentas e quarenta e duas) famílias inseridas no CadÚnico registradas no município de Guaratuba. Dessas, 575 (quinhentas e setenta e cinco) residem em área rural. Foram classificadas pelo sistema como sendo de alta vulnerabilidade 321 (trezentas e vinte e uma) famílias da área rural do município de Guaratuba/PR.

A terceira etapa seguiu com a visita técnica das famílias em condição de Alta vulnerabilidade da área rural, juntamente com a coleta das coordenadas geográficas (latitude e longitude) das residências das famílias selecionadas. Esses pontos foram coletados por meio de um aparelho receptor móvel fornecido pelo Global Positioning System (GPS), ou Sistema de Posicionamento Global. Por fim, a análise dos dados e posteriormente

das coordenadas geográficas referentes às famílias identificadas como sendo de alta vulnerabilidade social foram organizadas para a elaboração do produto técnico em software ArcGIS PRO, o mapa da vulnerabilidade da área rural do município litorâneo de Guaratuba/PR.

Caracterização do município de guaratuba/PR

É possível observar a unidade de análise identificada pela cor rosa e os demais municípios litorâneos do Paraná em cor amarela (fig. 1). No quadro menor, é possível visualizar Guaratuba em relação ao estado do Paraná, um dos três estados da região sul do Brasil. Guaratuba possui extensão territorial de 1.326,670 km², região litorânea, é três vezes maior do que a capital paranaense (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021).



Fig. 1 - Localização do município de Guaratuba no Estado do Paraná (Fonte: Prefeitura Municipal de Guaratuba, 2004).

Fig. 1 - Location of Guaratuba municipality in the State of Paraná (Source: Municipality of Guaratuba, 2004).

Quanto ao território de Guaratuba, são quantificadas 29 comunidades localizadas na área rural, sendo elas: Potreiro, Castelhanos, Pontal do Itararé, Rio Bonito, Pedra Branca do Araraquara, Caovi, Pai Paulo, Taquaruvu, Vitória, Cubatão, Rasgadinho, Rasgado, Ribeirão Grande, Canasvieira, Limeira, Morro Grande, Boa Vista, Descoberto, Itinga, Rio do Cedro, Riozinho, Estaleiro, São Joãozinho, Empanturrado, Rio do Saco, Laranjeiras, Salto Parati, Cabaraquara e Três Pinheiros

(SECRETARIA DE DEMANDAS RURAIS DE GUARATUBA, 2021). Apesar da dificuldade de microzoneamento da região, é possível visualizar na figura 2 as principais comunidades identificadas no mapa confeccionado pela subprefeitura da área rural de Guaratuba.



Fig. 2 - Demarcação de bairros da área rural de Guaratuba/PR (Fonte: Prefeitura Municipal de Guaratuba, 2004).

Fig. 2 - Demarcation of neighbourhoods in the rural area of Guaratuba/PR (Source: Municipality of Guaratuba, 2004).

Além dos dados autodeclarados pela família, o Governo Federal correlaciona os dados informados com outros sistemas governamentais, tais como informes do imposto de renda, verificando a veracidade das declarações. Também são realizadas visitas técnicas (visitas domiciliares - VD), geralmente realizadas por profissionais do CRAS, às famílias no endereço residencial por elas informado.

O índice de vulnerabilidade social (IVS) das famílias contempladas no estudo foi gerado por um sistema de acompanhamento de um Programa Social chamado “Nossa Gente Paraná”, o qual é alimentado por informações geradas pelo CadÚnico, juntamente com a aplicação de um questionário (fig. 3). Este Programa foi criado com o objetivo de priorizar as famílias em maior vulnerabilidade no acesso integrado à saúde, educação, assistência social, habitação, emprego e outras garantias de direitos (SECRETARIA DE JUSTIÇA E CIDADANIA, 2020).

As 321 famílias identificadas no CadÚnico foram distribuídas em seis grupos diferentes de acordo com a proximidade territorial, a fim de facilitar a logística no momento de realizar as visitas às casas das pessoas em alta vulnerabilidade. Como a demarcação territorial (micro e macrozoneamento da região rural) era precária, foi necessária a participação dos motoristas da área rural e outros profissionais conhecedores da região.

ASPECTOS PARA INVESTIGAÇÃO	
Os Aspectos para Investigação são questões complementares às informações do Cadastro Único, respondidas pelo Comitê Local para proporcionar um panorama mais amplo e aprofundado sobre as famílias acompanhadas. Não são um questionário ou entrevista a ser feita estruturalmente para a família: devem ser preenchidos a partir das informações coletadas de forma indireta no processo de acompanhamento.	
DIREITOS DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES Alguma pessoa com menos de 16 anos trabalha (salvo na condição de aprendiz a partir dos 14 anos)? Todas as crianças e/ou adolescentes entre 5 e 17 anos frequentam a escola? Alguma criança e/ou adolescente é exclusivamente responsável pelas atividades domésticas e/ou cuidados de crianças menores? Alguma criança e/ou adolescente já esteve em Acolhimento Institucional e/ou Família Acolhedora? Atualmente alguma criança ou adolescente está em Acolhimento Institucional e/ou Família Acolhedora? Algum adolescente já cumpriu medida socioeducativa de LA ou PSC? Atualmente algum adolescente cumpre medida socioeducativa de LA ou PSC? Algum adolescente já cumpriu medida socioeducativa de internação ou semiliberdade? Atualmente algum adolescente cumpre medida socioeducativa de internação ou semiliberdade? Alguma criança e/ou adolescente fica exposta a situações de vulnerabilidades no período contrário ao das atividades escolares?	
DOCUMENTAÇÃO CIVIL BÁSICA Todas as crianças e adolescentes têm Certidão de Nascimento? Todas as pessoas com idade a partir de 14 anos têm RG? Todas as pessoas com idade a partir de 18 anos têm CPF? Todas as pessoas com idade a partir de 18 anos têm Título de Eleitor?	
DOMICÍLIO O domicílio possui acesso a energia elétrica (seja com ou sem medidor)? O domicílio possui acesso a água própria para consumo (seja com ou sem sistema oficial de abastecimento)? Caso haja atualmente na família pessoas com deficiência e/ou pessoas idosas que necessitem de condições de acessibilidade, o domicílio possui as adaptações necessárias? A família compartilha o domicílio com outras famílias? A família possui documento do imóvel, escritura ou registro averbado em cartório, atestando a sua efetiva propriedade? O domicílio possui banheiro?	
SAÚDE Alguma adolescente ou criança desta família já esteve grávida? Há hoje alguma adolescente ou criança nesta família que está grávida? Todas as crianças com até 1 ano de idade estão com carteira de vacinação em dia?	

Fig. 3 - Questionário do Programa Nossa Gente Paraná
(Fonte: Sistema Nossa Gente Paraná).

Fig. 3 - Questionnaire of "Nossa Gente Paraná" Programme
(Source: Nossa Gente Paraná System).

Coleta dos Dados

Portanto, o grupo 1 foi composto pelas casas localizadas nos bairros rurais: Três Pinheiros, Limeira, Rasgadinho, Cubatão e Vitória. O grupo 2: Pedra Branca, Rio Bonito e Alto da Serra. Grupo 3: Boa Vista, Morro Grande e Itinga. Grupo 4: Descoberto, Riozinho, São Joaozinho, Rio do cedro e Empanturrado. Grupo 5: Cabaraquara e grupo 6: Salto Parati.

Três cadastros estavam desatualizados e foram excluídos. Totalizando 318 famílias. A demarcação territorial dos bairros e comunidades no Município é confusa, por não serem, em sua totalidade, demarcados no macrozoneamento rural do município.

As visitas técnicas foram realizadas seguindo o cronograma das atividades a serem desenvolvidas na área rural pelo CRAS volante, ou seja, duas vezes na semana. A coleta das coordenadas geográficas das famílias em alta vulnerabilidade residentes na área rural de Guaratuba teve início em maio de 2022. Foi utilizado o aplicativo *Global Navigation Satellite System* (GNSS)

instalado em android para as coletas. O aplicativo se orienta por meio de satélites e permite precisão de +/- 30 metros. Assim, foi possível coletar as informações georreferenciadas mesmo sem acesso à internet.

Durante as visitas foram coletadas as coordenadas geográficas e também foram realizadas entrevistas com as famílias sobre as inundações. Além disso, conforme surgiram atendimentos em famílias sem cadastro único, os pontos geográficos foram coletados juntamente com a inclusão das famílias em CadÚnico e integraram a pesquisa se o índice de vulnerabilidade fosse gerado pelo Sistema do Nossa Gente Paraná.

Após a coleta de todas as coordenadas geográficas referentes aos seis grupos, os dados foram reagrupados em um único arquivo Excel contendo as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), um número identificador da família (para preservar a identidade das famílias) e o índice de vulnerabilidade correspondente para organização dos mesmos e realização de cartografia de síntese, bem como os tratamentos estatísticos necessários.

Procedimentos metodológicos para o mapeamento

O mapeamento da vulnerabilidade social foi realizado com base na técnica de cartografia de síntese (Martinelli, 1991, 2003; Sampaio, 2012; Buffon, 2016; Farias, 2019), por meio da álgebra de mapas. A delimitação das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) de rios foi realizada em ambiente SIG, por meio do software ArcGIS PRO, da ESRI. A base cartográfica utilizada contemplou arquivos em formato vetorial (shapefile), correspondentes à hidrografia, representada em linhas e polígonos, com escala 1:50.000 do Instituto Água e Terra do Paraná (IAT). O processo de delimitação foi baseado nos critérios estabelecidos pela Lei nº 12.651/12 e contemplou as seguintes etapas:

I. Seleção dos rios da área de estudo;

II. Criação de arquivos buffers no entorno dos rios: 30m para rios de até 10 metros de largura e 50 metros para rios entre 10 e 50 metros de largura.

A análise integrada de APP e Vulnerabilidade Social foi criada por meio do plano de informação (PI) da Vulnerabilidade Social, que foi recortado a partir do PI das APPs. Para isso, utilizou-se a ferramenta clip do ArcGIS PRO (fig. 4).

Os graus de vulnerabilidade social embasaram-se na definição de 6 classes, sendo que a frequência dessas classes foi determinada a partir da técnica estatística Natural Breaks. A técnica Natural Breaks usa uma fórmula estatística para determinar agrupamentos naturais de valores de atributos. A fórmula é conhecida como método de Jenk. Isso tenta minimizar a variação dentro de uma classe e maximizar a variação entre as

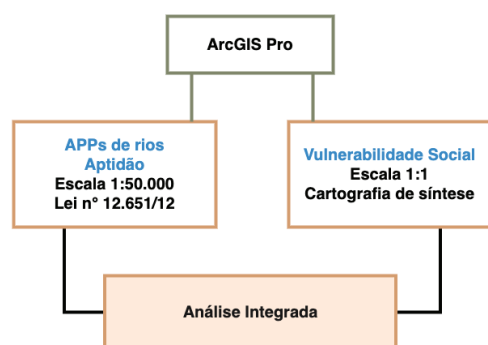


Fig. 4 - Modelo de cartografia de síntese e análise integrada da vulnerabilidade social (Elaborado por Sabrina Berbetz, 2022).

Fig. 4 - Cartography model for synthesis and integrated analysis of social vulnerability (Prepared by Sabrina Berbetz, 2022).

QUADRO II - Valores dos graus de vulnerabilidade social.

TABLE II - Values for degrees of social vulnerability.

Grau de Vulnerabilidade Social	Índice
Muito alta	0,477701 - 0,571500
Alta	0,415201 - 0,477700
Média a alta	0,371501 - 0,415200
Média a baixa	0,340701 - 0,371500
Baixa	0,311901 - 0,340700
Muito baixa	0,296500 - 0,311900

Elaborado por / Prepared by: Berbetz, 2022).

classes (QUADRO II). A classificação de quebras naturais é adequada para distribuições desiguais de atributos. Todos os mapeamentos apresentados neste trabalho foram elaborados no software ArcGIS PRO (Esri).

Resultados

1) Identificação dos fatores de vulnerabilidade social associados às inundações na área rural de Guaratuba

Quanto à caracterização dos principais fatores de vulnerabilidade social relacionados às inundações na área rural de Guaratuba, foram considerados aqueles relacionados no Sistema Nossa Gente Paraná e no Questionário de Aspectos para Investigação: 1) Adequação de domicílio, 2) Perfil e Composição Familiar, 3) Acesso ao Trabalho e Renda e 4) Escolaridade.

O fator Adequação de domicílio é indiretamente permeado por questões socioambientais, condições climáticas, aspectos territoriais e determinantes sociais e de saúde. Unindo os resultados obtidos com a visualização do mapa confeccionado, o qual apresenta a aptidão de solo das regiões contempladas no presente estudo, é possível afirmar que a maioria das famílias da área rural se encontram em áreas consideradas com excesso hídrico (áreas permeadas por vários rios e afluentes) ou com risco de erosão.

Foram observadas casas sem medidor de energia elétrica regularizado e quem possuía relatava um custo muito alto de energia elétrica. A maioria das casas é de madeira, sem acesso a um sistema de saneamento ambiental, com acesso precário ou ausente a tecnologias (especialmente internet). Fazem uso da água proveniente de nascente de rios, bicas ou poços artesanais. Muitas casas continham apenas um ou dois cômodos para uma família com quatro pessoas ou mais.

Não foram encontradas alterações no domicílio para adaptação em casos de famílias com Pessoas com Deficiência (PcDs). Foram identificados oito casos de PcDs (dois casos de condições neurológicas, três casos de mobilidade reduzida, além de obesidade, necessidade física gerada por acidente e uma pessoa acamada). Também houve relatos de ausência de banheiro dentro do domicílio, bem como alta frequência de propriedades sem registro, averbação ou Cadastro Ambiental Rural.

Os aspectos investigados condizentes com saúde revelaram que a maioria das pessoas têm dificuldades no acesso aos serviços básicos de saúde, seja pela grande demanda, seja pela distância e dificuldade de acesso/mobilidade da população. As doenças relatadas com maior frequência foram hipertensão e diabetes. Também foram relatados ocorrência de gravidez precoce; casos de negligência quanto a vacinação de crianças; abuso de álcool; ausência ou descontinuidade do tratamento em casos de hipertensão arterial e diabetes; e dificuldade no acesso ao acompanhamento odontológico.

No quesito segurança alimentar, observou-se falta de acesso a informações técnicas associadas à qualidade nutricional e doenças relacionadas, por exemplo, obesidade ou desnutrição. Também foi observada a ocorrência de famílias com terrenos grandes, possivelmente férteis, ausentes de plantio.

Quanto ao fator perfil e composição familiar foi possível observar uma família com documentação civil básica ausente (ausência de Cadastro de Pessoa Física-CPF e cadastro único). Há alta frequência de serviços relacionados à solicitação de primeira e segunda via de Registros Gerais (RG), CPF, Certidões de Nascimento/Casamento e orientações para acesso ao Título de Eleitor, ações importantes na construção do direito à cidadania. Foi observado alta frequência de famílias com mulheres exercendo atividades domésticas não remuneradas.

Ao observar o fator acesso ao trabalho e renda identificou-se que a grande maioria trabalha sem registro em carteira. Muitos atuam com plantio/venda de pequenas quantidades de banana, palmito, mandioca, entre outros ou trabalham para proprietários agrícolas, especialmente de banana e palmito. Quando há registro em carteira, corresponde a um salário mínimo. Também foi identificado trabalho com musgo e artesanato com palha. Foi demonstrado pouco

interesse em cursos profissionalizantes ou de artesanato. Nos atendimentos sociais prestados foi observada a ocorrência de pessoas que trabalharam em área rural sem deter registro dos anos trabalhados, consequentemente sem documentação probatória. Tal questão foi apontada por mais de uma família em atendimentos de auxílio às famílias no acesso à aposentadoria, atendimentos realizados pela equipe do CRAS volante.

Quanto ao fator escolaridade, foi encontrado:

- a) dificuldade do acesso a creches (ausentes) e escolas (distância e falta de transporte);
- b) infrequência escolar (especialmente em dias chuvosos) e
- c) evasão escolar (gravidez precoce, desinteresse escolar e baixa monitoria parental a partir dos 11 anos de idade). Esses aspectos interagem e se retroalimentam gerando consequências como a baixa escolaridade e famílias funcionalmente não alfabetizadas, ambas contempladas no presente estudo.

Os aspectos associados aos vínculos comunitários e familiares foram investigados por meio de perguntas como: “Você frequenta algum grupo comunitário, (religioso, esportivo ou cultural)?” e foram respondidas em alta frequência com rede de apoio ausentes ou problemáticas (vínculos familiares e comunitários enfraquecidos ou ausentes). A investigação de aspectos sobre a ocorrência de violência apareceu em baixa frequência no relato das famílias.

Todas ações realizadas pelos técnicos tiveram o objetivo de reduzir as vulnerabilidades e promover a autonomia das famílias localizadas na área rural. Assim, consistiu-se em uma pesquisa onde buscou-se analisar, mapear a vulnerabilidade enquanto realizavam-se ações para mitigar seus efeitos.

2) Contextualização histórica dos eventos de inundações na área rural de Guaratuba/PR

Foram observadas 1268 ocorrências de inundações em Guaratuba/PR, as quais afetaram 5455 pessoas. 2186 Alagamentos atingiram 28893 pessoas e gerou 1 óbito. Para o evento de Enxurradas, houve o registro de 740 ocorrências com 7285 pessoas afetadas. Não houve registro, na plataforma da Defesa Civil, de tempestades locais, nem de chuvas intensas.

O ano com maior número de pessoas afetadas foi 2010 com 19500 pessoas, seguido de 2019 (5656) e 2021 (3745). Até o mês de março de 2022 (período da coleta de dados), foram apresentadas 109 ocorrências com 2500 pessoas afetadas. Em relação especificamente aos registros de inundações, 2021 foi o ano com maior número de ocorrências (732), totalizando 3505 pessoas afetadas.

3) Caracterização das famílias identificadas com alta vulnerabilidade social e suas relações com as inundações na área rural em Guaratuba/PR

As famílias da área rural identificadas como sendo de alta vulnerabilidade foram contempladas no presente estudo de acordo com os registros do Sistema do Cadastro Único. E conforme a divisão em seis grupos distintos, considerando a proximidade territorial, obteve-se uma caracterização por área dessas famílias (QUADRO III). Nesse Quadro foram apresentadas, por grupos, o número de famílias em alta vulnerabilidade pertencentes em cada região, o número real de famílias que participaram do estudo, as principais atividades desenvolvidas, os principais apoios para localização das famílias, as dificuldades apontadas pela população em relação ao território, a percepção das consequências das inundações e observações. Além disso, certas características das famílias pertencentes ao estudo foram analisadas a partir dos fatores de vulnerabilidade, já apresentados no item 1 dos resultados.

A fot. 1 mostra exemplares dos domicílios das famílias em alta vulnerabilidade da área rural, exemplo do caminho percorrido pela pesquisadora, plantações e rios abundantes na área rural. Alguns trechos se apresentaram de difícil acesso com a presença de declives e morros, com vegetação alta e sem visualização clara do caminho. Incidentes com animais peçonhentos foram mencionados pela população local.



Fot. 1 - Montagem com imagens pertencentes ao grupo 1
(Fonte: Arquivo pessoal, 2022).

Photo 1 - Montage with images belonging to group 1
(Source: Personal archive, 2022).

Algumas famílias relataram morar em casas cedidas pelos proprietários em troca de manutenção e pequenos reparos na residência. A inundações foi apontada pelos moradores do Cubatão, Três Pinheiros, Rasgadinho, Rasgado, Limeira e Salto Parati como prejudicial, pois impede o deslocamento dos moradores para a área urbana. Os moradores precisam

Quadro III - Grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da área rural
TABLE III - GROUPS 1, 2, 3, 4, 5, AND 6 FROM THE RURAL AREA.

Grupos	1	2	3	4	5	6	Total
Total de famílias em alta vulnerabilidade	166	28	36	66	19	3	318
Famílias não localizadas	10	1	8	3	2	1	25
Mudança de endereço	9	3	2	5	1	0	20
Família excluída	1	1	0	5	0	0	7
Parcerias para localizar as famílias	servidores municipais, Secretaria de Demandas Rurais	Unidade Básica de Saúde	Secretaria de Educação (motoristas do transporte escolar conheciam as famílias das crianças)	motoristas, servidores e líderes comunitários	líderes comunitários	barqueiro (pessoa responsável pela travessia)	-
Dificuldades apontadas	Falta de saneamento básico	Urubus no entorno de um pesqueiro (indicando possível contaminação da água)	Relatos de ocorrência de erosão	relato de inundação com baixa percepção de prejuízo pelas famílias	Dificuldade no acesso e consequente redução do turismo local.	difícil acesso à área urbana	-
Consequências das inundações	perda de plantio, dificuldade no acesso à área urbana e aos serviços de saúde.	Perda dos plantios e dificuldade nos deslocamen-tos.	deslizamen-tos de terra (devido aos morros)	baixa percepção de prejuízo	isolamento , pouco percebidas pelas população local.	isolamento	-
Total de famílias coletadas	146	23	26	53	16	2	272
Principais atividades	Cultivo de banana, criação de gado	Turismo, pesca, plantio de mandioca, banana e palmito	cultivo de palmito, alguns comércios, mandioca e produção de farinha, extração de palha e musgo para atividades artesanais	cultivo de banana, palmito, mandioca, mamão, criação de galinhas e uma família criava cabras	comércio, pesca, turismo e gastronomia (cultivo de ostras e pesca esportiva)	Pesca, turismo	-
Observações	área melhor estruturada	Proximidade à rodovia= pessoas coletam produtos perdidos nos tombamen-tos de caminhos.	Casas em área de preservação ambiental (Parque Estadual do Boguaçu). Dificil localização das famílias (rede comunitária mais precária)	área com terreno mais precário (difícil mobilidade). Carro da autora ficou atolado nessa área.	Famílias antigas (residentes há bastante tempo). Próximo à baía.	Deslocamento por meio de barco (duração de 1hora e 30 minutos).	Foram adicionadas 6 famílias durante a pesquisa por se tratarem de novos cadastros únicos.

se deslocar com frequência para o acesso aos serviços especialmente de educação e saúde. Alguns moradores demonstraram baixa percepção de risco e também tinham a ocorrência de inundações como algo comum e, por isso, pouco alarmante.

4) Mapeamento das áreas de vulnerabilidade social associadas às inundações na área rural de Guaratuba

Através da cartografia retratamos a área litorânea do Paraná, com Guaratuba demarcada em uma linha espessa em preto (fig. 5). Dentro da área demarcada é possível visualizar os rios que compõem a hidrografia do território contemplado. Todos os pontos são referentes às famílias em condição de alta vulnerabilidade, que foram subdivididos em classes com seis estratificações para melhor visualização e tentativa de averiguar diferenças. Na imagem é possível visualizar o rio principal Cubatãozinho e suas ramificações pelo território de Guaratuba/PR.

A maior parte dos 272 pontos referentes às famílias em Alta Vulnerabilidade situam-se nas proximidades dos rios. O ponto amarelo situado fora dos limites da área de Guaratuba/PR corresponde a uma família atendida pelo CRAS, que reside na divisa entre os estados do Paraná e de Santa Catarina. A família foi encaminhada para o CadÚnico de Garuva/SC.

O território de Guaratuba/PR é analisado a partir de uma avaliação de aptidão de solo (fig. 6). Assim, foram classificadas em: a) áreas de afloramento rochoso (em cinza), b) solo inapto por risco de erosão (marrom escuro), c) solo inapto por excesso hídrico (azul claro), d) solo regular fértil com risco de erosão (marrom claro), e e) solo regular com excesso hídrico (azul escuro). Visualizam-se também a hidrografia e as áreas urbanas (em rosa).

É possível observar que há grande concentração de famílias em terreno com excesso hídrico, correspondendo aos pontos situados na faixa azul de tonalidade mais escura. As duas famílias coletadas no Salto Parati estão situadas em uma mancha com excesso hídrico considerada inapta, cujo território está inserido dentro do Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange.

Muitas famílias estão situadas em uma mancha marrom, correspondendo a um terreno considerado inapto por risco de erosão, especialmente a região do Cabaraquara que corresponde completamente a essa situação. Outros bairros também estão inseridos nesse contexto de risco de erosão: Alto da Serra, Rio Bonito e Boa Vista, por exemplo. Poucas famílias residem em áreas consideradas regulares com algum risco de erosão e terreno fértil. Nenhuma família se situou na porção cinza do mapa, indicando ausência de residências em terreno com afloramento rochoso.

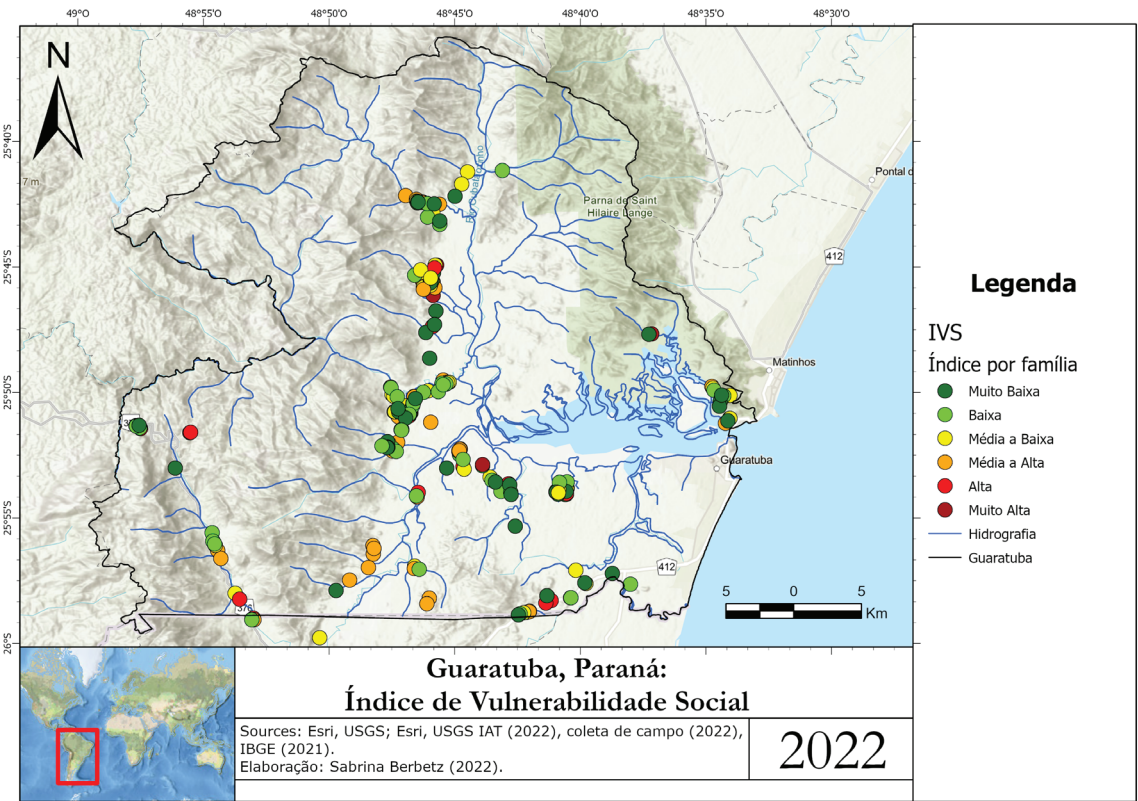


Fig. 5 - Mapeamento da vulnerabilidade social em área rural de Guaratuba/PR.
Fig. 5 - Mapping of social vulnerability in the rural area of Guaratuba/PR.

Discussão

Os fatores de vulnerabilidade associados às inundações encontrados foram semelhantes aos fatores de vulnerabilidade contemplados em outros estudos. Por vezes, nomeados diferentemente, os fatores envolvem determinantes sociais e de saúde; questões socioambientais e condições climáticas; aspectos familiares e curso de vida e territórios (Cançado *et al.*, 2014; Rasch, 2015; Schumann e Moura, 2015).

Os aspectos sinalizados como principais vulnerabilizantes, tais como carência de serviços de saneamento ambiental, infraestrutura de saúde e habitações adequadas (Furtado, 2015), foram evidenciados no presente estudo. Além disso, há uma condição preestabelecida no território estudado, pois, a maior parte da área rural está inserida em áreas de risco elevado a inundações ou áreas de risco elevado com movimentos em massa.

Algumas causas apontadas na literatura como determinantes da precarização dos serviços de saúde no enfrentamento de desastres, tais como falta de preparo da equipe, estabelecimentos de saúde e profissionais vulneráveis, assimetria nas políticas de prevenção e a invisibilidade dos impactos na saúde mental (Silva *et al.*, 2020) foram igualmente observadas no presente estudo.

Referente à mitigação da vulnerabilidade social foram apontadas ações eficazes como investimento em alfabetização (Santos *et al.*, 2020), investimento na educação (silva *et al.*, 2021) e estratégias de prevenção de riscos e desastres (Farias, 2019; Carvalho, 2019). O aumento da resiliência também é apontado como uma ferramenta viável (Furtado, 2015) e relacionada com governabilidade, avaliação do risco, conhecimento cultural e educacional e gestão de risco (Zuniga *et al.*, 2021). Entretanto, descrições de procedimentos bem-sucedidos com esse objetivo (Ultramaki Fukuda, 2015) ainda são escassas.

As inundações são referenciadas como eventos hidrometeorológicos mais frequentes (Quesada-Román e Caldrón-Ramírez, 2018; BRASIL, 2014), são abordadas em vários estudos (Balan e FariaS, 2019) e foram mencionadas pela Defesa Civil de Guaratuba/PR como sendo o evento hidrometeorológico mais relevante.

Entretanto, alagamentos foram os responsáveis pelo maior número de registros em Guaratuba/PR e o único evento relacionado a um óbito. Maior investigação se faz necessária para entender se de fato tal dado corresponde à realidade, se houve perda de registros ou classificação errônea dos eventos.

Embora as inundações ocorram com a segunda maior frequência na área rural, sua ocorrência tem aumentado

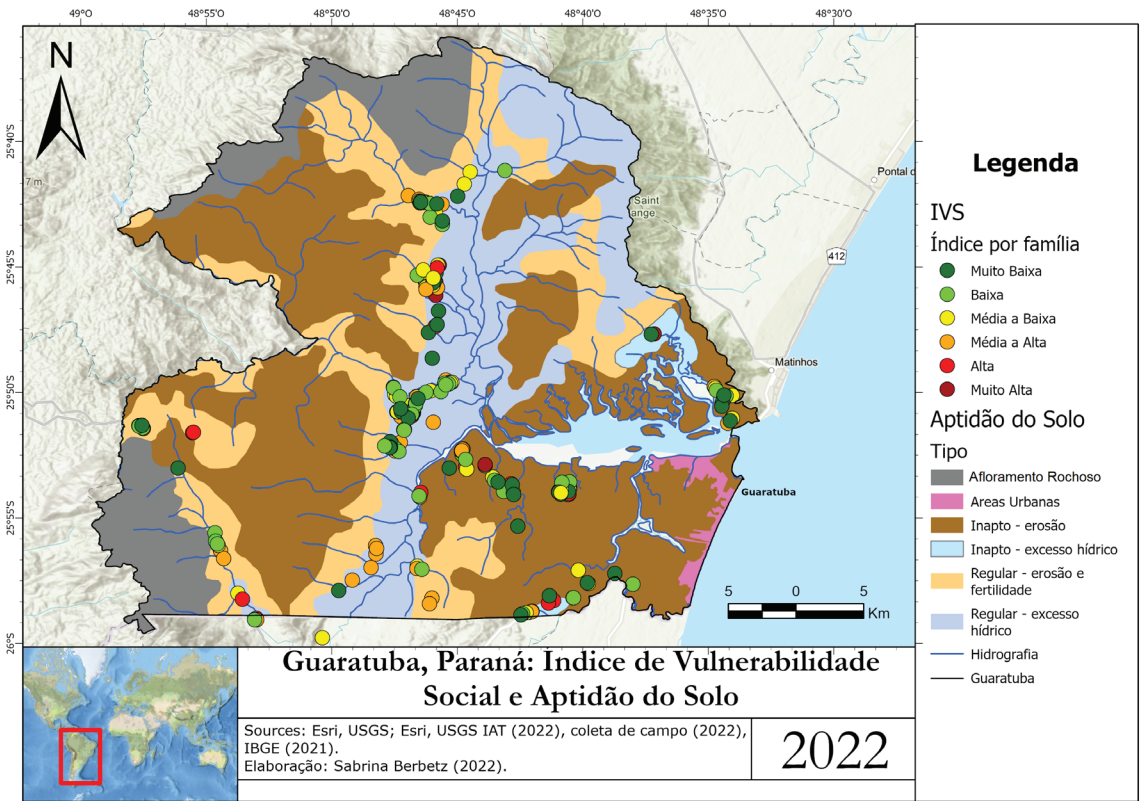


Fig. 6 - Mapeamento da vulnerabilidade social em área rural de Guaratuba/PR com aptidão de solo.

Fig. 6 - Mapping of social vulnerability in a rural area of Guaratuba/PR with suitable land.

com o passar dos anos, visível nos registros obtidos nos sistemas da Defesa Civil contemplados no presente estudo. Dados corroborados pela literatura (Castanho, 2020), os quais justificam um trabalho voltado para a gestão de risco de desastres. Além das inundações e alagamentos nas áreas rurais de Guaratuba, também foram elencados pelo SISDC: a) deslizamentos, b) vendavais (tempestades e granizo); e c) produtos perigosos (SISDC, 2021).

Conclusão

Apesar do índice de alta vulnerabilidade ter sido extratificado em cinco níveis para procurar relação entre as áreas verificadas, todas as famílias contempladas no presente estudo tiveram índice de vulnerabilidade elevado, revelando que as áreas de risco são ocupadas por pessoas em alta vulnerabilidade. Apesar da vulnerabilidade ser resultante de vários fatores, no presente estudo esteve associada diretamente às questões de precarização de renda e trabalho, baixa escolarização, atendimento em saúde deficitário e baixa participação social.

Ainda que por vezes esses fatores sejam nomeados diferentemente, os mesmos fatores de vulnerabilidade envolvendo determinantes sociais e de saúde; questões socioambientais e condições climáticas; aspectos familiares e curso de vida e territórios são os mesmos encontrados em outros estudos (Cançado *et al.*, 2014; Rasch, 2015; Schumamm *et al.*, 2015).

Por isso, essas áreas, ainda que em minoria comparadas à área urbana (uma proporção de praticamente 16:1) devem ser consideradas pelas políticas públicas e demais projetos sociais. Ideia que coaduna com os objetivos de desenvolvimento sustentável:

“Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por desastres naturais de origem hidrometeorológica e climatológica, bem como diminuir substancialmente o número de pessoas residentes em áreas de risco e as perdas econômicas diretas causadas por esses desastres em relação ao produto interno bruto, com especial atenção na proteção de pessoas de baixa renda e em situação de vulnerabilidade” (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2019).

Uma das propostas para a promoção de conhecimento e estratégia de redução de risco de desastres e aumento de resiliência seria a elaboração de grupos comunitários para a construção de conhecimento coletivo sobre gestão de risco e aumento da percepção de risco das famílias em alta vulnerabilidade social.

Tais estratégias são apontadas como indispensáveis para uma mudança efetiva, construção de comunidades mais resilientes e quebra da precarização das condições de

vida (Silva-Rosa *et al.*, 2015; Utmaki Fukuda, 2015; Silva *et al.*, 2021).

Além disso, os grupos comunitários poderiam ser realizados como atividades socioeducativas coletivas, existentes na programação de atividades executadas pelo CRAS. Precisando de uma adequação temática para contemplar a gestão de riscos de desastres e abrangência na área rural de Guaratuba/PR. A inclusão do tema “Desastres” na agenda da Assistência Social foi apontado como necessário (Avila *et al.*, 2017). Faz-se necessário aprimorar e divulgar as estratégias de governança para a redução das vulnerabilidades sociais da população de Guaratuba/PR.

Algumas limitações do presente trabalho foram: a) o tempo para realização da pesquisa em relação ao grande número amostral; b) a amplitude do território da área rural de Guaratuba; c) os recursos humanos e financeiros; d) a confusa demarcação territorial quanto aos bairros no macrozoneamento rural municipal; e) a dificuldade em localizar as famílias com poucos pontos de referência; f) ausência de nomes de ruas e numerações das residências; g) ausência de sinal de Internet e até mesmo da disponibilidade de um aparelho celular para localizar as famílias; e h) a constante mudança de endereço físico da população selecionada.

Sugere-se a elaboração de um protocolo de riscos e desastres pela Defesa Civil de Guaratuba/PR com transparência pública para o acesso da população e também de profissionais de todas as secretarias do município de Guaratuba/PR. Assim, a longo prazo, será possível incluir a temática dentro das secretarias de saúde, educação e assistência social, por exemplo, educando a população para a conscientização de riscos e desastres e promovendo uma gestão adequada de riscos e desastres no município

Referências bibliográficas

- Artaxo, P., Bocchi, C. P., Magalhães, E. S., Rahal, L., Gentil, P., Gonçalves, R. S. (2019). A década da nutrição, a política de segurança alimentar e nutricional e as compras públicas da agricultura familiar no Brasil. *Rev Panam Salud Publica*.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (Org.) (2014). *Desastres naturais e saúde no Brasil*. Brasília: OPAS (Série DESE).
- Borges, F. O., Ferreira, V. O. (2019). Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográfica do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. *Revista Cerrados*, Brasília, v. 17, n. 1, 30 de abr, 114-130.
- Buffon, E. A. M. (2016) *A leptospirose humana no AU-RMC (Agglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR) - risco e vulnerabilidade socioambiental*

- (*Dissertação de Mestrado em Geografia - Setor de Ciências da Terra*). Programa de Pós-Graduação Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 171 f.
- Cançado, T. C. L., Souza, R. S., Cardoso, C. B. S. (2014). Trabalhando o conceito de vulnerabilidade Social. In: *Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, 19., 24-28/nov., São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABEP.
- Cardoso, C., Borges, L. G. L. (2023). A crise climática global: das mudanças climáticas aos riscos socioambientais e vulnerabilidades. In: *Souza, C., Lourenço, L. Contribuições da Geografia para o ensino dos riscos*, volume X, Série Riscos e Catástrofes, Imprensa da Universidade de Coimbra, ISBN 978-989-26-2465-5, 95-116.
DOI: https://doi.org/10.14195/978-989-26-2466-2_4
- Carvalho, R. M. (2019). Risco de desastre e responsabilidade civil no antropoceno. *Revista internacional Consinter de direito*.
- Farias, A. S. de. (2019). *Inundações urbanas em Francisco Beltrão/PR: riscos e vulnerabilidades socioambientais (Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento - Setor de Ciências Agrárias)*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 274.
- Freitas, C. M. de, Silva, I. V. M., Cidade, N. C. (2020). *Covid-19 as a global disaster: challenges to risk governance and social vulnerability in Brazil*.
- Furtado, S. M. (2015). *Indústrias criativas: Festival de Cultura e Gastronomia de Tiradentes/Minas Gerais/Brasil. Tese (Tese de Doutorado em Ciências Sociais)*. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 210 f.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 p.
DOI: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Lourenço, L. e Almeida, A. (2018). Alguns Conceitos à Luz da Teoria do Risco, Imprensa da Universidade de Coimbra. Riscos e Crises. Da teoria à plena manifestação, Série “Riscos e Catástrofes”, Vol. 6, 18-77.
DOI: https://doi.org/10.14195/978-989-26-1697-1_1
- Martinelli, M. (1991). *Curso de cartografia temática*. 1. ed. São Paulo: Contexto.
- Martinelli, M. (2003). *Mapas da geografia e cartografia temática*. São Paulo: Contexto.
- Mendes, J. M. (2015). Sociologia do Risco. Uma breve introdução e algumas lições. Volume II; Série Riscos e Catástrofes, Coimbra: Imprensa da Univ. de Coimbra.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-1066-5>
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME (2009). *Orientações Técnicas: Centro de Referência de Assistência Social - CRAS*. - 1. ed. - Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2009.
- Quesada-Roman, A., Calderon-Ramirez, G. (2018), Gestión del riesgo y política pública en el cantón de Desamparados, Costa Rica. *Uniciencia, Heredia*, v. 32, n. 2, 1-19.
- Rasch, R. J. (2015). Assessing urban vulnerability to flood hazard in Brazilian municipalities Environ. *Urban*, v. 28, n.1, 145-168.
- Santos, F. D. A. D., Cruz, M. L. B. D., & Mendes, L. M. S. (2022). Socio-spatial vulnerability to droughts and floods in the Piracuruca river hydrographic sub-basin (Ceará-Piauí/Brazil). *Sociedade & Natureza*, 32, 304-316.
- Scott, J. B., Prola, C. A., Siqueira, A. C., Pereira, C. R. R. (2018). O conceito de vulnerabilidade social no âmbito da psicologia no Brasil: uma revisão sistemática da literatura. *Psicol. rev. (Belo Horizonte)*, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, 600-615.
- Schneiderbauer, S., Ehrlich, D. (2006), “Social levels and hazard (in) dependence in determining vulnerability”, in J Birkmann (editor), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*, United Nations University Press, New York, 78-102.
- Schumann, L. R. M. A., and Moura, L. B. A. (2015). Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. *Ciência & Saúde Coletiva*, 20(7), 2105-2120.
- SECRETARIA DE JUSTIÇA E CIDADANIA (2020). Participar do Programa Nossa Gente Paraná. Disponível em: <https://www.justica.pr.gov.br/servicos/Cidadania/Assistencia-social/Participar-do-programa-Nossa-Gente-Parana-xv3KQxo1>. Acesso em ago. 2022.
- Silva-Rosa, T. da, Mendonça, M. B., Monteiro, T. G., Souza, R., & Lucena, R. (2015). A educação ambiental como estratégia para a redução de riscos socioambientais. *Ambiente & Sociedade*, 18, 211-230.
- Smith, N. (2006). There is no such thing as a natural disaster. *Understanding Katrina: Perspectives from the Social Sciences*. [S.l.: s.n.].
- Tucci, Carlos E. M. (2008). Águas urbanas. *Revista Estudos Avançados*, ISSN 1806-9592. São Paulo, v.22, n. 63, 97-112.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>
- Ultramari, C., Fukuda Hayakawa, I. (2015). Acidentes naturais: o paradoxo entre adversidades e potencialidades na gestão urbana. *Econ. soc. territ*, Toluca, v. 15, n. 47, abril, 99-121.

UNITED NATIONS- UN NEWS: GLOBAL PERSPECTIVE HUMAN STORIES (2020). Página inicial. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2020/10/1075142>. Acesso em ago. 2023.

UNITED NATIONS- UN NEWS: GLOBAL PERSPECTIVE HUMAN STORIES (2023). Página inicial. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2020/10/1075142>. Acesso em ago. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR (2021). Página inicial. Disponível em: <https://www.undrr.org/countries-regions/americas/brazil>. Acesso em dez. 2021.

Yin, R. K. (2001) *Estudo de caso - planejamento e métodos*. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001

Zúñiga, C. A., Stark Gutiérrez, V., ProsserBravo, G., Jara Pacheco, J. I., & Pérez Tello, S (2021). Resiliencia comunitaria ante la Falla de San Ramón. un estudio exploratorio desde dirigentes sociales. *Bitácora Urbano Territorial*, Bogotá, v. 31, n. 3, 185-199.



RISCOS



OS PRINCIPAIS DESAFIOS NA ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA DE BARRAGEM NO ESTADO DE MINAS GERAIS (BRASIL)*

THE MAIN CHALLENGES IN DEVELOPING AND IMPLEMENTING A DAM EMERGENCY ACTION PLAN IN THE STATE OF MINAS GERAIS (BRAZIL)

87

Nathacha Pires

Universidade Federal de Juiz de Fora (Brasil)
Faculdade Engenharia, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária
ORCID 0000-0003-3566-2461 oliveira.pires@engenharia.ufjf.br

Bruno Milanez

Universidade Federal de Juiz de Fora (Brasil)
Faculdade Engenharia, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária
ORCID 0000-0002-5330-7407 bruno.milanez@engenharia.ufjf.br

RESUMO

A primeira política estruturada em âmbito federal direcionada à segurança de barragens no Brasil foi elaborada no ano de 2010, no entanto tal diretriz não demonstrou-se efetiva diante dos desastres que ocorreram ao longo da história, com ênfase na ocorrência em sequência dos rompimentos em Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais, Brasil, que provocaram a revisão das normas e direcionaram a atenção social sobre o tema de atendimento à emergência para esse território. Nesse sentido, o artigo objetivou investigar, por meio de uma pesquisa de natureza qualitativa e exploratória, os principais desafios associados à elaboração e implementação de um Plano de Ação de Emergência no cenário legislativo do estado de Minas Gerais a partir da revisão bibliográfica de produções acadêmicas e legislações recentes conjugada à entrevistas com um painel com especialistas atuantes na área. Diante do elaborado foi possível notar que os aspectos mais desafiadores envolvem a comunicação e relacionamento comunitário além das adversidades institucionais provocadas pelo cenário estrutural dos entes públicos envolvidos.

Palavras-chave: Barragens, Plano de Ação de Emergência, Minas Gerais.

ABSTRACT

The first structured policy at the federal level related to dam safety in Brazil was created in 2010, but this guideline has been ineffective in disasters throughout history. The dam failures in Mariana and Brumadinho (Minas Gerais state, Brazil) confirmed this assessment. They gave rise to a revision of standards and directed social attention to emergency actions in this territory. The present article investigates the main challenges related to the drafting and implementation of Emergency Action Plans in Minas Gerais. The article is based on a literature review, document analysis, and interviews with specialists in the area. The results indicate that the most challenging aspects involve communication and community relationships, in addition to the institutional difficulties caused by the structural scenario of the public authorities involved.

Keywords: Dams, Emergency action plan, Minas Gerais.

* O texto deste artigo foi submetido em 04-01-2023, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 30-03-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Apesar de existirem registros do século XVI, as principais referências sobre barragem mencionam o ano de 1877 como marco inicial da construção de barramentos no Brasil com a Barragem de Cedro, no Ceará, a qual surgiu como uma alternativa de minimizar os impactos da seca na Região Nordeste. À medida que as atividades econômicas foram se diversificando e as necessidades se ampliaram, barragens foram construídas com diversas finalidades, tais como irrigação, produção de energia elétrica, abastecimento humano e contenção de resíduos industriais e rejeitos da mineração (ANA, 2021; Silva, 2020).

No entanto, uma política estruturada em âmbito federal direcionada à segurança dessas construções, com metodologias e procedimentos a serem seguidos foi criada apenas em 2010, com a elaboração da Lei 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Somente então foi elaborada uma norma que definia diretrizes para o cumprimento de instrumentos legais, tais como o Plano de Segurança de Barragem (PSB) e Plano de Ação de Emergência (PAE) (Pereira *et al.*, 2021).

Apesar da existência de uma diretriz unificadora, o processo de criação e de implementação das normativas não englobou todos os aspectos relacionados às barragens, tampouco se mostrou efetivo no estabelecimento de papéis e responsabilidades entre os atores envolvidos, o que pode ser observado ante os diferentes desastres que ocorreram ao longo da história do país. A atenção social, porém, somente começou a se voltar para esse tema, após os desastres em Mariana e Brumadinho, no estado de Minas Gerais. A ocorrência em sequência desses dois rompimentos provocou a revisão das normas referentes à temática de segurança de barragens, como corroborado por Silva (2020) e Pereira *et al.* (2021).

O cenário de revisão das normas deu-se de maneira mais intensa no estado de Minas Gerais, instituindo a Política Estadual de Segurança de Barragens - PESB (Lei n. 23.291/2019) e o Decreto estadual n. 48.078/ 2020, o qual regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência, além do Decreto estadual n.º 48.140/2021, o qual regulamenta dispositivos do Sistema Estadual de Meio Ambiente e da PESB.

Nesse sentido, o presente artigo objetiva avaliar e analisar, do ponto de vista de relações institucionais e comunicação social, os principais desafios associados à elaboração e implementação de um PAE no contexto do estado de Minas Gerais. Para tanto, dentre os objetivos específicos estão descrever aspectos históricos e estruturais relativos à regulação de barragens e elaboração de PAEs, além de identificar elementos técnicos, sociais e institucionais que se mostram

desafiantes para a elaboração e implementação de um PAE, e ainda, identificar possibilidades de estratégias de superação desses desafios.

A elaboração do artigo se justifica, tendo em vista o cenário de variadas normas infralegis no estado de Minas Gerais somado à atenção social para o tema, sendo os principais pontos explorados no tópico de discussão. Por último, são expostas as inferências obtidas do processo de análise dessa pesquisa.

Metodologia

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em duas partes, sendo a primeira voltada à busca de uma base teórica recente sobre o tema e a segunda parte envolveu a realização de cinco entrevistas com um painel de especialistas atuantes na elaboração e implementação de PAEs em Minas Gerais (fig. 1) com o intuito de coletar informações práticas sobre os principais desafios enfrentados e soluções implementadas por eles nesse processo. Portanto, esta pesquisa é de natureza qualitativa, de cunho exploratório, com amostragem não probabilística, por meio de entrevistas semiestruturadas seguindo o modelo bola de neve.



Fig. 1 - Mapa de localização de Minas Gerais.

Fig. 1 - Map showing location of Minas Gerais.

O levantamento bibliográfico foi realizado predominantemente focado nas produções acadêmicas recentes que tratam da atualização das legislações e diretrizes envolvendo os temas de segurança de barragem, PNSB e PAE. Esse levantamento foi complementado pela análise documental das políticas públicas referentes ao tema.

Após realização do levantamento bibliográfico, o passo seguinte foi a consolidação do roteiro semi-estruturado para realização das entrevistas, o qual teve como base os principais pontos abordados na literatura, além do conteúdo mínimo do PAE estabelecido no Artigo 12 da PNSB (Lei 14.066/2020). Apesar de o PAE prever

elementos técnicos, sociais e institucionais associados à elaboração e implementação de um PAE, por dificuldades de disponibilidade dos entrevistados essa pesquisa foca nos aspectos sociais e institucionais. O roteiro das entrevistas é apresentado no Anexo I.

O painel com especialistas foi, portanto, dividido em duas frentes: Comunicação e Relacionamento e Articulação com o Poder Público. Para composição do primeiro grupo foram classificados como adequados profissionais das áreas de Comunicação e Mediação Social e para o segundo grupo, profissionais atuantes em órgãos públicos e/ou profissionais que representam empreendimentos com posse de barragens.

A definição dos profissionais para composição do painel de especialistas deu-se de modo inicial pela rede de contatos da autora, a qual estabeleceu um entrevistado para cada grupo, sendo que este, seguindo a técnica bola de neve, foi responsável por indicar o próximo entrevistado.

A técnica utilizada viabiliza uma amostragem não probabilística aplicada em pesquisas sociais, nas quais os primeiros entrevistados indicam os participantes posteriores e assim continuamente até atingir o chamado ‘ponto de saturação’, momento no qual o conteúdo das entrevistas começa a se repetir, sem a adição de elementos relevantes (Baldin, 2011). Sendo assim, a metodologia empregada trata-se de uma bola de neve adaptada, visto que a coleta de dados foi encerrada no momento em que as pessoas indicadas negaram-se a participar, seja por falta de disponibilidade ou desacerto em expor sua opinião sobre o tema, ou seja, antes de atingir o ponto de saturação. A coleta de dados ocorreu por meio de conversas individuais de forma remota utilizando-se das plataformas *Google Meet* e *Microsoft Teams* conforme preferência da pessoa entrevistada. Em ambas foram utilizados recursos de transcrição de áudio diante de autorização do profissional para facilitar a análise posterior e permitir fluência durante a troca de informações.

Para a análise dos dados foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, a partir do recorte do conteúdo em elementos (palavras, expressões, frases), os quais tomam forma no decorrer do processo de análise, caracterizando o modelo aberto como categoria analítica empregada neste trabalho. A escolha foi baseada na intenção de capturar as perspectivas dos profissionais, evidenciando significados inerentes às mensagens principais e de segundo plano (Oliveira, 2011).

Base Teórica

A PNSB e seus desdobramentos

Configurando-se como um instrumento de prevenção de acidentes, a PNSB visa garantir a estabilidade da estrutura e uma operação segura, salvaguardando a vida,

saúde, propriedade e o meio ambiente. Ela consiste em uma legislação direcionada aos empreendedores para que esses executem e monitorem todas as atividades inerentes à operação de barragens, com atenção aos impactos de curto e longo prazo nos meios socioeconômico e ambiental (Silva, 2020). O aspecto principal da legislação enfoca as responsabilidades no empreendedor pelo automonitoramento, o qual pode se configurar como um aspecto de risco ao sistema de segurança nacional instituído, já que as empresas possuem autonomia para escolher seus auditores, o que torna possível que se criem situações de conflitos de interesse entre auditores e empresas auditadas (Milanez, 2020).

Apesar da PNSB existir como uma legislação unificadora, as estruturas possuem diretrizes específicas de acordo com a finalidade para a qual se destinam, implicando em um rol de entes fiscalizadores, tais como Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional das Águas (ANA), Agência Nacional de Mineração (ANM), além dos órgãos ambientais componentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), sendo atribuição de cada um o estabelecimento de critérios individuais de classificação de risco, promoção da fiscalização e estabelecimento da obrigatoriedade do PAE (BRASIL 2010, 2020).

A ampla gama de agentes envolvidos, com critérios distintos, tende a tornar os processos muito heterogêneos, visto que os órgãos possuem diferentes infraestruturas, com acesso variado a recursos materiais e humanos para que, por exemplo, inspeções sejam realizadas com periodicidade e criticidade adequadas. A dispersão de responsabilidades implica no desafio de implementar a PNSB de maneira efetiva, possibilitando que haja trocas de informações e aprendizados entre os envolvidos de forma que garanta o avanço rumo ao atingimento dos objetivos firmados na legislação em questão (Silva, 2020).

Ainda no que tange às particularidades que ficam a cargo da subjetividade dos fiscalizadores, a PNSB estabelece que a classificação das barragens, de acordo com Categoria de Risco (CR) e Dano Potencial Associado (DPA) seja realizada pelos órgãos fiscalizadores, a partir de critérios pré-definidos, tal como idade do empreendimento, método construtivo, estado de conservação, além de outros parâmetros específicos estabelecidos por cada instituição, os quais sejam capazes de refletir o potencial de perda em caso de rompimento da estrutura (BRASIL 2010, 2020).

Mesmo existindo órgãos fiscalizadores distintos, de acordo com a finalidade de cada barramento, a ANA, como descrito na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), possui a atribuição de realizar a articulação entre os entes fiscalizadores, incluindo a criação e manutenção do Sistema Nacional de Informações

sobre Barragens (SNISB) e elaboração dos Relatórios de Segurança de Barragem. Deve ser ressaltado que além das normas federais, existem legislações e órgãos fiscalizadores estaduais que devem ser considerados para a construção de um sistema único eficiente e articulado (BRASIL 2010, 2020). São apresentadas as normas elaboradas pelos órgãos estaduais envolvidos na elaboração e/ou implementação de um PAE (TABELA I).

Segundo Pereira *et al.* (2021), ao realizar uma análise temporal da referida legislação é possível afirmar que houve avanços significativos na atualização da PNSB, na qual as responsabilidades do empreendedor em cenários de comprometimento de estruturas foram ampliadas assim como a participação direta e indireta da população nas ações de prevenção e emergência, estimulando um processo de implantação do PAE com mais transparência e universalização no acesso à informação. Aspectos relacionados à participação comunitária na elaboração e implementação do PAE são objetos de estudo deste artigo e serão retomados adiante.

Sob a ótica da regulação, Silva (2021) correlaciona o aumento do reporte de incidentes associado à

diminuição do número de acidentes, demonstrando ser um indicativo provável de campanhas de fiscalização mais eficientes e como cumprimento por parte dos operadores e proprietários de barragens em manterem os órgãos fiscalizadores informados adequadamente sobre a situação das estruturas.

Paralelamente a essa perspectiva, devem ser levados em consideração os desdobramentos dos entes fiscalizadores ao estarem de posse dos dados repassados. Para elucidar, ao verificar dados de segurança de estruturas, por exemplo, os dados do Relatório de Segurança de Barragens, divulgados pela ANA, referentes ao ano de 2020, indicam que 60 % das barragens cadastradas não possuem informações suficientes para definir se elas se enquadram na PNSB e que somente daqui a 11 anos todas as barragens constantes atualmente no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) estarão classificadas sem considerar as barragens existentes que ainda não constam no sistema (ANA, 2021).

Além disso, ao analisar os números de eventos ocorridos e reportados nos Relatórios de Segurança de Barragem percebe-se a diferença entre as realidades regionais,

TABELA I - Normas infralegais aplicáveis à elaboração de PAE atualmente no Estado de Minas Gerais.

TABLE I - Non-statutory rules applicable to drafting the PAE currently in used in the State of Minas Gerais.

Resolução Conjunta Semad/IEF n.º 2.749/2019 - Dispõe sobre os procedimentos relativos às autorizações para manejo de fauna silvestre terrestre e aquática na área de influência de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de impactos à fauna, sujeitas ou não ao licenciamento ambiental.
Resolução Conjunta Semad/IEF/Igam/Feam n.º 3.049/2021 - Estabelece diretrizes para a apresentação do Plano de Ação de Emergência, para as barragens abrangidas pela Lei n.º 23.291 e determina procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência.
Instrução Técnica CEDEC: Instrução técnica GMG/CEDEC-MG 01 de 20 de Maio de 2021 - Dispõe sobre os critérios e procedimento para aprovação do Plano de Ação de Emergência (PAE) pelo Gabinete Militar do Governador e Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (GMG/CEDEC-MG).
Portaria IEPHA/MG n.º 7/2021- Estabelece normas e procedimentos acerca da apresentação, análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência - PAE, conforme previsto no Decreto n.º 48.078, de 5 de novembro de 2020, no que tange à competência do Instituto do Patrimônio Histórico Estadual de Minas Gerais - Iepha-MG
PORTARIA IMA n.º 2047/2021- Estabelece diretrizes, exigências e ações para a apresentação e aprovação do Plano de Ação de Emergência-PAE, para as barragens abrangidas pela Lei n.º 23.291, de 25 de janeiro de 2019, no âmbito das competências do Instituto Mineiro de Agropecuária definidas pelo Decreto n.º 48.078, de 5 de novembro de 2020, e determina procedimentos a serem adotados pelos responsáveis destas barragens quando estiverem em situação de emergência.
Anexo I da Portaria IMA n.º 2047/2021 -Protocolo sanitário a ser adotado nas propriedades de abrigo de animais resgatados, em função de situação de emergência.
Termo de Referência SEMAD - Caracterização da linha de base pré-ruptura quanto à fauna doméstica
Termo de Referência SEMAD - Plano de resgate, salvamento e destinação de animais da fauna doméstica em caso de risco iminente de ruptura ou ruptura
Termo de Referência FEAM - Entrega de Estudos de Ruptura Hipotética de Barragens
Termo de Referência IEF - Levantamento / Inventário de flora
Termo de Referência IEF - Resgate de flora
Termo de Referência IEF - Plano de resgate, salvamento e destinação de fauna silvestre e identificação de mortandade em caso de desastre - Plano de Ação de Emergência (PAE)
Termo de Referência IEF - Projeto de avaliação de impactos ambientais decorrente de desastre sobre a fauna silvestre terrestre e biodiversidade aquática pelo monitoramento comparativo de ambientes atingidos, ambientes não atingidos e linha de base- Plano de Ação de Emergência (PAE)
Termo de Referência IEF - Caracterização de linha de base quanto a fauna silvestre e serviços ecossistêmicos associados - Plano de Ação de Emergência (PAE)
Metodologia IEF de análise de conectividade - Plano de Ação de Emergência (PAE)

deixando incerto se tal heterogeneidade deve-se às particularidades locais ou à disparidade de eficiência e rigor dos órgãos fiscalizadores (Silva, 2021).

No que tange à fiscalização, os desastres em Mariana e Brumadinho colocaram em evidência a ausência na ANM de corpo técnico necessário para realizar o acompanhamento das barragens sob sua responsabilidade (Trindade, 2021). É válido ressaltar que, sob a perspectiva dos autores desse artigo, o aumento do corpo técnico nos órgãos fiscalizadores implicaria em mudanças no cenário de segurança das estruturas caso esses profissionais compoñham um cronograma sólido de auditorias, nas quais seriam possíveis identificar falhas no sistema de automonitoramento das empresas.

Outro importante instrumento da PNSB a ser mencionado é o Plano de Segurança de Barragem (PSB), documento elaborado pelo empreendedor e sujeito à aprovação governamental, possuindo a premissa principal de contribuir para a gestão de segurança da barragem. Especificidades como a periodicidade de atualização do documento, conteúdo mínimo e nível de detalhamento das informações são definidas pelo órgão fiscalizador, no entanto a Política Nacional estabelece também conteúdos mínimos do Plano, os quais envolvem, principalmente, dados técnicos relativos à estrutura, como identificação do empreendedor, manuais dos procedimentos dos roteiros de inspeção de barragens e de monitoramento, mapa de inundação, identificação e avaliação de riscos e o PAE (BRASIL 2010, 2020).

As análises dos desastres catastróficos ocorridos nas cidades de Mariana e Brumadinho apontam para a observação de uma cultura brasileira de não priorização do planejamento, gestão e controle dos projetos, propiciando respostas tardias aos problemas identificados (Campos, 2021).

Como indicado por Botelho *et al.* (2021), o estudo das causas e das consequências socioambientais indicaram falhas nos processos de controle ambiental e ocupacional das empresas, as quais demonstraram-se incapazes de garantir a segurança das estruturas, dos trabalhadores e da população a jusante. Esse cenário aponta para uma cultura de priorização de prazo e custo, tendo em vista que o processo de financeirização de empresas levam a cortes de custos operacionais e investimentos na segurança, fazendo com que a gestão desconsidere alertas e anomalias sobre um desastre, adiando implementação de medidas corretivas, o que acaba por produzir entraves à implementação de práticas que possibilitem melhorias nos processos das entidades públicas e privadas.

Desse modo, faz-se necessário avaliar as premissas de desempenho que induzem as decisões técnicas ou manutenção de anomalias e consideração aos sinais

percebidos como causas de acidentes, assim como a gama de causas socioeconômicas, culturais, técnicas e organizacionais substanciais que levam à ocorrência de falhas estruturais de barragens (Botelho *et al.*, 2021). Além das premissas de gestão, a insuficiência de informações impossibilitam a realização de avaliações capazes de gerar modificações nos procedimentos aplicados pelos órgãos competentes a partir da legislação vigente que criariam um aperfeiçoamento contínuo de acompanhamento de barragens no país (Silva, 2021).

O panorama retratado nesse subcapítulo contextualiza o complexo cenário instituído de normas relacionadas à segurança de barragens, tanto na perspectiva de garantir a estabilidade das estruturas quanto na orientação de respostas à emergência. Nesse sentido, o tópico abaixo enfoca nos aspectos relativos do PAE, tema central desse trabalho.

O Plano de Ação de Emergência

As ocorrências catastróficas mencionadas anteriormente corroboram a importância da implementação efetiva dos instrumentos da PNSB, em especial do Plano de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência, os quais devem ser integrados progressivamente a outros instrumentos das políticas ambientais, como o licenciamento ambiental e a avaliação de controle e impactos ambientais (Silva, 2020).

A mudança na regulação de determinado setor pode ser motivada por diversos fatores, como a definição de novos objetivos ou pode ser causada por eventos específicos, capazes de alterar as premissas de uma atividade, sendo esse o caso das mudanças regulatórias de barragens de rejeito de mineração. Os acidentes ocorridos implicaram em mudanças na legislação, como mencionado anteriormente, como uma tentativa de preencher as lacunas a respeito do monitoramento de barragens, como a ausência de sistema automatizado e a falta de sirenes nas Zonas de Autossalvamento - ZAS (Trindade, 2021).

Como constatação desse movimento, após o desastre em Mariana, foi criada a Portaria 70.389/2017 implicando na criação do Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) e critérios para definição das Zonas de Autossalvamento (ZAS), assim como a obrigação de instalação de sistemas de comunicação em massa nessas áreas. Além disso, houve a alteração na periodicidade de apresentação dos Relatórios de Inspeção de Segurança e da Declaração de Condição de Estabilidade, que passou de anual para semestral. Do mesmo modo, após o ocorrido em Brumadinho, foram colocados em pauta alguns questionamentos além de reforçar a dúvida quanto à segurança de estruturas alteadas a montante, bem como a presença

de instalações administrativas da empresa na ZAS, e ainda a localização e o acionamento manual de sirenes (Trindade, 2021).

O PAE é um instrumento de segurança estabelecido pela PNSB, o qual possui objetivo de orientar ações em caso de cenário de emergência. A legislação estabelece que o documento deve ser analisado e aprovado por órgão ou entidade estadual designada e por estar ligado às atividades de defesa civil, os planos de ação devem possuir escopo demarcado para que as responsabilidades estejam alinhadas aos objetivos, assim como as ações devem estar alinhadas ao ciclo de proteção e defesa civil (Pereira *et al.* 2021).

Como descrito por Pereira *et al.* (2021), as responsabilidades do empreendedor envolvem: detecção, avaliação e definição do nível de emergência, notificação e comunicação com as autoridades. Por consequência a responsabilidade pela coordenação e direcionamento das respostas ao ocorrido está designada às entidades públicas, devendo estas realizar as fases de ações de emergência, conclusão e acompanhamento.

Segundo o Relatório de Segurança em Barragens (ANA, 2021) muitas barragens que possuem comunidades a jusante não possuem protocolo de resposta a cenários de emergência, sendo uma dificuldade para implementação do PAE a realização de interação com a comunidade e órgãos de defesa civil, os quais podem ser inexistentes ou com capacidade operacional reduzida e em alinhamento aos Planos de Contingência municipais, os quais também são inexistentes em muitos cenários (Campos, 2021). Um exemplo é o Plano de Contingência da Defesa Civil de Brumadinho (MG), o qual antes de 2018 não mencionava a probabilidade de desastres envolvendo barragens de mineração, tendo em vista que os estudos do órgão se limitavam a problemas mais recorrentes como enchentes (Silva, 2020).

Campos (2021) descreve que o PAE é um documento de identificação de riscos de uma estrutura, sendo detalhados procedimentos de envolvimento dos órgãos locais, estabelecimento de sinais de alerta e padronização da forma de notificação sobre o acontecimento, de modo que as responsabilidades e ações estejam planejadas para serem praticadas se necessário. Sendo assim, o desafio do PAE é possibilitar uma resposta rápida, satisfatória e coordenada capaz de alcançar os objetivos e reduzir os danos.

A utilização de métodos de análise de riscos é capaz de indicar meios de falha, auxiliando na manutenção e monitoramento da estrutura, fazendo com que a gestão de riscos concretize a gestão de emergências instituída pelo PAE. Desse modo, o risco é conceituado como operacional, como consequência de uma situação adversa e engloba riscos de falhas causadas por

funcionários ou eventos externos que abalem o controle operacional. Para que haja controle, na gestão dos riscos, a comunicação é a última etapa no plano de resposta, sendo antecedida pela prevenção, detecção e atenuação de riscos capazes de acarretar consequências inconvenientes (Campos, 2021).

No entanto, Pereira *et al.* (2021) mencionam como o PAE fez-se motivo de discussão tendo em vista a baixa eficiência operacional do documento, principalmente no que diz respeito à necessidade de definição mais criteriosa do escopo de atuação. Além disso, discutem a definição de metodologia adequada para confecção do documento, visto que as indagações colocam em questionamento sua precisão e objetividade.

Diante do exposto, pode-se destacar que é evidente a existência de questões pendentes de esclarecimento envolvendo a elaboração do PAE, sendo um documento de alta complexidade e que exige envolvimento de grupos multidisciplinares. Na seção seguinte são discurridos os principais pontos obtidos no painel com especialistas atuantes sobre o tema.

Resultados e Discussão

As entrevistas foram realizadas nos meses de março e abril de 2022, totalizando cinco profissionais, sendo eles: três profissionais do grupo de Comunicação e Relacionamento (P1, P2 e P3) e dois profissionais do grupo de Articulação com o Poder Público (P4 e P5). Os entrevistados P1, P2 e P3 possuem formação nas áreas de Serviço Social, Engenharia Ambiental e Antropologia, sendo todos atuantes com Comunicação e Mediação Social. Já o grupo de Articulação com o Poder Público contou com a participação de um responsável técnico por barragens de um empreendimento localizado no estado de Minas Gerais (P4) e um profissional ex-atuante em uma Agência Reguladora também em Minas Gerais (P5), propiciando contato com as duas perspectivas da articulação.

Diante dos apontamentos principais obtidos na base teórica, os profissionais foram questionados quanto a aspectos como a operacionalidade do PAE, estrutura de fiscalização, existência de diretrizes variadas no estado e a perspectiva geral sobre as alterações recentes na legislação (TABELA I).

No que tange ao objetivo principal do PAE, de orientar reações em cenários de emergência, foi relatado que a legislação define os entregáveis de documentação, mas é insuficiente quanto à instrução prática de implementação das etapas (P1), tendo em vista a natureza extensa do documento final (P2) e as múltiplas particularidades de cada cenário (P3) e, sendo, portanto, ainda falha no sentido de orientar resposta à emergência, corroborando o exposto por

Pereira *et al.* (2021). Somado a isso, foi citado que a execução das ações é complexa por envolver muitos agentes públicos, os quais estão em constante mudança em alguns órgãos, fazendo necessário retomar o diálogo e construção conjunta do marco inicial (P4). Apesar disso, foi mencionado que o documento adquiriu um caráter de verificação da operacionalidade ao decorrer das atualizações, estabelecendo obrigações como a realização dos treinamentos práticos com a comunidade e teste de funcionalidade do sistema de comunicação (P5), como indicado também por Trindade (2021).

Ainda no que tange à objetividade do documento, foi elucidado que a legislação demanda estudos extensos para alguns pontos e rasos para outros no que se refere à integração de todos os cenários de evacuação (vida humana, fauna, flora, patrimônio histórico) de forma assertiva e pragmática (P2), sendo necessário estabelecer os estudos a partir da especificidade de cada local e em relação a cada tipo de estrutura, visto que cada localidade possui particularidades sociais, econômicas e ambientais que justificam ou inviabilizam a adoção de critérios e medidas específicas estabelecidas ou não na legislação (P2 e P3).

Quanto ao escopo de atuação das partes envolvidas foi unânime entre os entrevistados que o quadro de profissionais nas instituições é insuficiente para atender a demanda, com recursos humanos e materiais limitados, além de restrita qualificação e capacidade analítica para analisar a documentação. Tal cenário é mais crítico ao observar a precariedade das Defesas Civis Municipais, as quais possuem função primordial no processo de elaboração, implementação, aprovação e resposta em caso de emergência (P5). Além disso, foi mencionado que há uma carência no detalhamento dos fluxos, prazos e competências para análise e aprovação do PAE pelos sete órgãos designados, conforme Decreto Estadual 48.078/2020 (P3) e que os mesmos necessitam se engajar nas ações com os empreendimentos (P4). Além disso, foi citado sobre a inexistência de Planos de Contingência Municipais, incluindo questões práticas de atendimento à emergência do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) (P1).

Em relação à estrutura de fiscalização estabelecida e a articulação entre os múltiplos órgãos, foi citado que há falta de clareza sobre o papel de cada entidade e os órgãos fiscalizadores não possuem estrutura e contingente profissional para promover seu papel (P1, P2, P3, P4 e P5), além de ser necessário que os critérios sejam aplicados de forma equiparada para todas as instituições (P1 e P2). Foi exposto que é necessário aperfeiçoar a integração entre os órgãos e que as entidades estaduais e municipais tenham autonomia para elaborar diretrizes específicas (P2), uma vez que a legislação nacional não leva em consideração os

aspectos da dinâmica e cenário locais e as variedades de estruturas, com disposições genéricas para todas as categorias de barragens (P2 e P3). Além disso, foi mencionado que o engajamento dos órgãos estaduais é reduzido, com pouco acompanhamento de ações práticas, como a realização dos simulados práticos de autossalvamento (P1).

A atualização da PNSB se desdobrou em legislações estaduais, Decretos de Regulamentação, Instruções Técnicas, Resoluções e Portarias em Minas Gerais. Os profissionais foram indagados quanto à existência dessas diretrizes adicionais e expuseram que as mesmas trazem clareza para aplicação e interpretação das legislações em diferentes cenários, pois consideram especificidades locais não contempladas na legislação federal (P1, P2, P3). No entanto, também foi mencionado que exigências definidas na legislação foram definidas sem análise dos processos técnicos envolvidos, como tempo necessário para desenvolver um projeto de descaracterização de barragens construídas por método a montante ou esclarecimento sobre metodologia adequada para remover comunidades da ZAS (P3 e P4). Além disso, a existência de legislações pulverizadas dificultam o atendimento, inclusive sob a perspectiva de atendimento conjugado aos critérios da PNSB e da Política Estadual de MG somado ao fato que a implementação de múltiplas diretrizes em um curto espaço de tempo dificultaram a disseminação do conhecimento, resultando em uma inconclusão sobre a diferenciação do que são critérios obrigatórios, orientações, boas práticas e o que não se faz necessário ou aplicável (P5).

Quando foram questionados quanto ao avanço do tema de segurança de barragens com as alterações legislativas todos os entrevistados mencionaram que as propostas foram positivas, tendo em vista que possibilitaram a inserção do tema no centro das discussões, além de esclarecer sobre as responsabilidades em termos de sanções e penalizações (P4) e tornando obrigação testes práticos de componentes importantes para a efetividade do sistema de emergência (P5). Foi exposto também que é evidente o caráter corretivo dessas atualizações frente aos rompimentos recentes de barragem em MG, além de evidenciar que as diretrizes foram criadas por pressão política, tendo em vista um anseio de fornecer respostas dada a atenção social ao tema (P3 e P5).

Foram inventariados os principais pontos obtidos nas entrevistas com os profissionais do grupo de Comunicação e Relacionamento, os quais foram indagados sobre a realização de cadastramento socioeconômico, identificação de interlocutores chaves, Plano de Comunicação e programas de treinamento para a população potencialmente afetada (TABELA II).

TABELA II - Resumo de Mensagens dos Temas Gerais por Profissional Entrevistado.

TABLE II - Summary of the General Themes' Messages by Interviewed Professionals.

Tema/Profissional	P1	P2	P3	P4	P5
Papel orientativo do PAE	A Lei orienta de forma insuficiente	Cumprido parcialmente	A atualização não levou em conta aspectos técnicos para cumprir todos os critérios	A execução das ações é complexa por envolver muitos agentes; Empreendedor necessita deixar o documento mais objetivo	O documento adquiriu caráter de verificação da operacionalidade ao decorrer das atualizações
Definição de papéis e responsabilidades	Diferenças nas estruturas dos órgãos de resposta; Desconcentração por parte dos responsáveis como o Poder Público Municipal	O quadro de profissionais é reduzido nos órgãos de resposta	Falta de clareza quanto ao fluxo, prazos e competências dos órgãos aprovadores	Órgãos fiscalizadores e empreendedores ainda estão se adequando às alterações	A obrigação de comunicação do empreendedor limita-se à ZAS, limite no qual os órgãos de proteção devem começar a atuar; Defesas Cíveis Municipais são precárias
Existência de múltiplos órgãos fiscalizadores	Políticas específicas são adequadas; Critérios precisam ser similares para todas as entidades; o quadro de profissionais é reduzido nas instituições	Critérios precisam ser similares para todas as entidades	Legislação nacional não leva em consideração aspectos locais	Falta de clareza sobre o órgão fiscalizador por existirem múltiplos agentes com essa função; Órgãos fiscalizadores sem estrutura para promover seu papel	As legislações pulverizadas dificultam o atendimento; Dificuldade de atendimento conjugado aos critérios da PNSB e da Política Estadual de MG
Articulação entre as entidades	Órgãos estaduais não atuantes	Necessária maior integração; Importante que órgãos estaduais e municipais tenham autonomia para elaborar diretrizes específicas	Falta de clareza quanto ao fluxo, prazos e competências dos órgãos aprovadores	Divisão pouco clara de papéis entre os órgãos fiscalizadores	Apresentação do PAE em sessões demandará maior tempo para que o fluxo esteja bem definido; Houveram diretrizes adicionais positivas e outras que trouxeram rigor demasiado
Existência de diretrizes múltiplas	Traz clareza para aplicação e interpretação das legislações em diferentes cenários	Traz clareza para aplicação e interpretação das legislações em diferentes cenários	Traz clareza para aplicação e interpretação das legislações em diferentes cenários	Legislações foram criadas sem apoio técnico de profissionais atuantes	As diretrizes foram criadas por pressão política e não com viés de esclarecimento
Perspectiva sobre as alterações recentes nas legislações	Trouxeram avanços	Trouxeram avanços	Trouxeram avanços	Trouxeram avanços	Trouxeram avanços

No que se refere ao levantamento cadastral e mapeamento da população existente na ZAS os profissionais reconhecem o caráter indispensável da ferramenta em fornecer dados coletivos (P3) e mencionaram sobre os desafios de manter atualizado o cadastro, conforme determina a PNSB, considerando a dinamicidade da comunidade (P1 e P3) e dificuldades operacionais como encontrar as pessoas em casa para realização do cadastro, considerando um cenário de núcleo urbano, no qual a população trabalha fora de casa (P1) e a dificuldade de acesso aos locais remotos, nos quais se dão apenas por barco, por exemplo, para comunidades ribeirinhas (P2 e P3) ou ainda em comunidades ilegais ou com presença de tráfico organizado (P1).

Também foi mencionado por esses profissionais que os critérios de definição da ZAS são genéricos, de modo que não subsidiam a tomada de decisão pela inclusão

ou exclusão de comunidades por diferença insignificante em relação aos critérios (30 minutos ou 10 km) (P2 e P3). Foi exposto que poderia existir um critério de lâmina d'água mínima para que uma área seja caracterizada como ZAS, pois sem essa definição, pela legislação atual, todas as áreas mapeadas pelo estudo de ruptura de uma estrutura (Dam Break) são caracterizadas como áreas significativamente impactadas, gerando necessidade de reassentamento de comunidades sem avaliar a real necessidade dessa remoção, pois áreas afastadas da estrutura apresentam lâmina de inundação de poucos centímetros (P3). Além disso, foi citado que é necessário prever ações que promovam a assimilação das informações pela comunidade que estão ao entorno da ZAS, a população reside próxima a pontos de encontros ou no raio de cobertura do som da sirene, tendo em vista que entendam o processo mesmo não estando na área de inundação da barragem (TABELA III).

TABELA III - Resumo de Mensagens dos Temas Específicos por Profissional Entrevistado - Comunicação e Relacionamento.

TABLE III - Summary of the Messages of Specific Themes by Interviewed Professionals - Communication and Relationships.

Tema/Profissional	P1	P2	P3
Cadastramento Socioeconômico	Dificuldade de encontrar as pessoas em casa; Dinamicidade da comunidade; Questões envolvendo invasões	Dificuldade de acesso a locais remotos	Ferramenta importante para obtenção de dados coletivos; Dinamicidade da comunidade
Interlocutores nas comunidades	Sensibilidade para conversar; Pode não existir líder comunitário; Existência de stakeholders facilitadores (agentes de saúde, escola, líderes religiosos, comerciantes)	Solicitação da lei é rasa; Necessário fazer mapeamento de stakeholders e aproximação de relacionamento	Importante mapear stakeholders facilitadores/ influenciadores
Plano de Comunicação	Solicitação da lei é rasa; Alguns dados devem ser sigilosos - LGPD ¹	Solicitação da lei é rasa; Necessário fazer mapeamento de <i>stakeholders</i>	Solicitação da lei é rasa
Gestão de conflitos	Gerados pela insegurança e desconhecimento do tema	Empreendedor deve dispor de canais de relacionamento	Diálogo transparente a longo prazo
Programas de Treinamentos	Mobilização da comunidade para participar é o ponto mais desafiador	Exigência do simulado é um avanço legal; Necessário integrar ações do cadastramento, plano de evacuação e comunicação; Treinamentos devem ser contínuos	Necessário fortalecer ações educativas e integradas

¹ Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) - Lei N.º 13.709, de 14 de Agosto de 20184.

Em relação à identificação de interlocutores chave nas comunidades, os profissionais mencionaram a importância da realização de um mapeamento de *stakeholders* completo, conforme metodologias consolidadas (P1, P2 e P3). Eles ainda destacaram que, em alguns locais, pode não haver líder comunitário e em uma comunidade é comum a presença de poderes e contrapoderes (P3) e, para que a comunicação se dê de forma ampla é imprescindível a identificação de *stakeholders* chamados facilitadores ou influenciadores, ou seja, aqueles que não são lideranças formais, mas possuem potencial de mobilização e formação de opinião, tais como líderes religiosos, agentes de saúde, comerciantes e profissionais de escolas (P1 e P3).

No que diz respeito ao Plano de Comunicação, os entrevistados são unânimes quanto à interpretação de que a solicitação deste item é rasa na PNSB, já que a exigência da legislação é de uma lista de contatos (responsáveis pelo PAE no empreendimento, prefeitura municipal, lideranças comunitárias, órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, unidades hospitalares mais próximas e demais entidades envolvidas). No entanto, para a implementação do PAE são necessárias múltiplas ações de comunicação a serem realizadas em tempo e canal distintos a depender do público alvo e do cenário local (P1, P2 e P3). Por exemplo, em comunidades ribeirinhas a comunicação mais efetiva é o relacionamento um a um, de porta em porta (P3), já em núcleos urbanos a utilização de ferramentas de comunicação em massa como televisão, aplicativos de trocas de mensagens e rádios são mais assertivas (P1).

Quanto à gestão de conflito e contestação à presença das barragens e à elaboração do PAE, segundo os profissionais, o ponto crucial é o estabelecimento de relacionamento contínuo e diálogo transparente a longo prazo entre empresa e comunidade (P1, P2, P3). Isso se mostra necessário, uma vez que os conflitos são causados pela insegurança gerada na população quando há desconhecimento sobre o tema (P1 e P3), sendo importante que os empreendedores disponham de canais de relacionamento para que a comunidade tenha acesso à informação, além de espaços para questionamentos e exposição de descontentamentos (P2).

Sobre a realização de programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos foi exposto que essa exigência é um avanço legal no intuito de preparar a comunidade e proporcionar teste dos componentes do sistema de emergência e evacuação (P2). Todavia, foi pontuado que a mobilização da comunidade para participar das ações propostas é o ponto mais desafiador no processo de elaboração/ implementação do PAE (P1). Isso se deve ao fato de esse processo gerar a necessidade de realização contínua de treinamentos com proposição de ações educativas e integradas à rotina da comunidade, como a realização de visitas comunitárias às empresas para conhecer as estruturas (P2 e P3).

Foram registrados os principais pontos obtidos nas entrevistas com os profissionais do grupo de Articulação com o Poder Público (TABELA IV), os quais foram indagados sobre a definição de procedimentos preventivos e corretivos,

atribuições de responsabilidades dos envolvidos, medidas específicas de resgate e dimensionamento de recursos para resposta à emergências.

No que se refere ao estabelecimento de procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais, foi mencionado que o foco dos profissionais deve estar no pilar da prevenção, garantindo a segurança da estrutura e identificação de possíveis anomalias, com a realização de procedimentos preventivos estabelecidos nas normativas, como as inspeções e análise dos sistema de instrumentação (P4 e P5). Além disso, foi citado como necessário ampliar as lições aprendidas dos últimos rompimentos para que não haja repetição dos mesmos cenários e os procedimentos estejam em consonância com situações reais que se desdobram em cenários de crise (P4).

Quanto à definição de atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento foi mencionado que deve existir uma definição e distinção clara de papéis designados ao empreendedor, órgãos de proteção e líderes comunitários, além de um fluxograma de acionamento claro e eficiente (P5), o qual deve ser único para cada empreendimento e visual com poucas informações em um painel de gestão à vista ao alcance do coordenador do PAE (P4).

Em relação à proposição de medidas específicas para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural foi exposto pelos profissionais que é necessário engajamento dos órgãos de resposta (P4), com ênfase para os aprovadores do PAE, para atuação conjunta com o empreendedor conferindo funcionalidade às medidas propostas (P5). Contudo, há dúvida quanto à capacidade analítica das entidades para verificação de todos os critérios que foram definidos por termos de referência e diretrizes pulverizadas (P5).

Sobre o dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta às emergências foi mencionada a necessidade de que o coordenador do PAE tenha autonomia dentro do organograma do empreendimento para ser capaz de identificar e implementar tratativas de gerenciamento de crise, incluindo fluxo de comunicação interna efetivo visando que as respostas sejam ágeis (P5).

Durante as entrevistas os profissionais foram estimulados a discorrerem sobre soluções ou boas práticas empregadas durante o processo de elaboração e implementação do PAE (TABELA V). Os aspectos relacionados ao relacionamento institucional, como carência de estrutura humana e material dos órgãos fiscalizadores, não tiveram proposições pelos entrevistados, tendo em vista que ultrapassam a alçada de atuação de profissionais da iniciativa privada.

Conclusão

A partir do presente estudo é inegável a relevância do tema e a necessidade de aperfeiçoar o cenário de normas infralegais envolvendo o planejamento de atendimento às emergências com barragem no estado de Minas Gerais. Os tópicos abordados nas produções acadêmicas atuais sobre o tema, em grande parte, são mencionados e corroborados pelos profissionais formadores do painel de especialistas estabelecido nesse trabalho, incluindo a visão de que a ampla gama de agentes envolvidos com diferentes infraestruturas tornam os processos muito heterogêneos, assim como o reforço sobre a inexistência de Planos de Contingência Municipais que mencionem tratativas de emergência com barragem e a dispersão de responsabilidades instituída na governança de órgãos fiscalizadores, aprovadores e legislativos.

Com base na pesquisa foi possível constatar que apesar de inúmeros os desafios na elaboração e implementação de um PAE que seja efetivamente operacional, as

TABELA IV - Resumo de Mensagens dos Temas Específicos por Profissional Entrevistado - Articulação com o Poder Público.

TABLE IV - Summary of the Messages of Specific Themes by Interviewed Professionals - Coordination with the Public Sector.

Tema/Profissional	P4	P5
Procedimentos Preventivos e Corretivos	O principal foco dos profissionais deve estar em garantir a segurança da estrutura; Procedimentos preventivos são estabelecidos segundo normativas - inspeções, instrumentação, análises	O principal foco deve estar na detecção da anomalia, com a realização de inspeções rotineiras e dos sistemas de instrumentação
Responsabilidades e acionamento do PAE	Fluxograma de acionamento deve ser único para cada empreendimento; Necessário estar de forma visual com poucas informações em painel de gestão à vista	Deve existir uma definição clara de responsabilidades - empreendedor, órgão de proteção e líderes comunitários - e um fluxograma claro e eficiente de acionamento
Medidas de resgate	Órgãos de resposta precisam estar engajados para atuação conjunta com o empreendedor, com ênfase para os aprovadores do PAE, como Defesa Civil	Existem critérios estabelecidos que são muito teóricos; A funcionalidade das medidas deve ser verificada pelos órgãos aprovadores; Não acredita que os órgãos terão capacidade analítica de verificar todos os critérios
Dimensionamento de recursos para resposta	Verificação se as instalações existentes comportam as pessoas e em caso contrário devem ser estabelecidos planos alternativos com estruturas fora da ZAS	O coordenador do PAE necessita ter autonomia para identificar e implementar tratativas de gerenciamento de crise

TABELA V - Resumo de Soluções ou Boas Práticas Empregadas pelos Profissionais perante os Desafios de Comunicação Encontrados.

TABLE V - Summary of Solutions or Best Practices Employed by Professionals Faced with the Existing Communication Challenges.

Desafio	Solução/ Boa Prática
Construção de cultura de prevenção com a comunidade	Realização de exercícios práticos rotineiros com testes constantes, atividades de gamificação com crianças, trilha de jogo com crianças, elaboração de maquetes para entendimento do fluxo do conteúdo da barragem em caso de rompimento; Realizar atividades relacionadas a outros temas de prevenção com os órgãos de proteção, como chuvas, alagamentos, queimadas etc; Relacionamento e ações devem ser contínuas, envolvendo a comunidade com políticas participativas - Visitas às barragens, ações educativas nas escolas, reuniões públicas
Comunicações assertivas e inovadoras que promovam mobilização em cenários particulares, como bairros extensos e populosos com população flutuante ou locais remotos	Plano de comunicação específico para cada localidade, criando relacionamento com stakeholders promotores, utilizando de canais mais adequados ao cenário dado - rádio, TV, WhatsApp, carro de som, treinamento <i>porta-a-porta</i> ; Validação das estratégias e decisões com grupo multidisciplinar, formado por empreendedor, órgãos de proteção e comunidade
Existência de vulnerabilidades sociais, como crime e tráfico organizados dificultam a realização do cadastramento	Realizar cadastramento acompanhado de interlocutores chaves, como agentes de saúde, professores, projetos sociais
Transmissão do tema para alunos das escolas existentes na ZAS	Adequar informação à faixa etária; Busca de parcerias para comunicação, como projeto <i>'bombeiro mirim'</i>
Adesão da comunidade às ações e atividades propostas, visto que Reuniões Públicas não se demonstraram como ferramenta mobilizadora de pessoas, por exemplo	Realizar engajamento via alunos das escolas demonstrou-se uma estratégia mais efetiva; Realização de simulados em pequena escala de forma periódica, com escolas, com pessoas com mobilidade reduzida
Dificuldade de encontrar as pessoas em casa para realização do cadastramento socioeconômico; Dinamicidade da comunidade	Possibilidade de autodeclaração online, via telefone ou central de atendimento
Compartilhamento e a assimilação de informações pelos órgãos de resposta em caso de emergência	Realização de oficinas direcionadas a públicos de interesse a partir da informação; Realização de compartilhamento de informações obtidas no cadastramento socioeconômico para públicos interessados, como incidência de doenças para Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Secretaria de Saúde; Criar fóruns específicos com órgãos para ampliar a cultura de segurança de barragens

questões envolvendo a comunicação e relacionamento com a comunidade são os mais relevantes, dada a necessidade essencial de mobilizar a população para engajamento nas ações propostas de modo a possibilitar uma maior democratização e participação comunitária na construção dos documentos e teste da funcionalidade dos sistemas de evacuação propostos. Na perspectiva do relacionamento institucional, consolidado na relação entre empreendedor e órgão público, os desafios permeiam a precariedade de recurso humano qualificado e infraestrutural nessas instituições, tornando duvidosas as capacidades crítica e operacional de validar e acompanhar todos os compromissos firmados pelas empresas e ainda desempenhar o papel designado a elas estabelecido na PNSB.

É importante ressaltar que apesar da complexidade no cenário dado as atualizações na legislação foram apontadas, de maneira unânime, como positivas pelos profissionais entrevistados, tendo em vista a necessidade de ampliar a discussão e melhoria sobre o tema apesar de a natureza da atualização ser apontada como uma resposta política e não técnica após as últimas tragédias de rompimento com barragens no estado de Minas Gerais.

Por fim, deve ser mencionado que de maneira paralela e independente dos desdobramentos futuros no cenário

de atendimento à emergência de barragens as ações dos empreendedores e todas as entidades envolvidas com o tema devem estar centradas no pilar da prevenção, garantindo a estabilidade operacional das estruturas, identificando e mitigando riscos que possam acarretar danos prejudiciais à saúde, vida humana, meio ambiente ou patrimônio histórico.

Referências

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2021). *Relatório de Segurança de Barragens 2020*. Brasília, ANA Disponível: <https://www.snib.gov.br/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2020>. [14 out. 2021]
- Baldin, N., Munhoz, E. M. B. (2011). Educação ambiental comunitária: uma experiência com a técnica de pesquisa snowball (bola de neve). *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 27, 46-60. Disponível: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3193/1855>. [4 jun.2021]
- Brasil. *Lei 12.334 de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

Brasil. *Lei 14.066 de 30 de setembro de 2020*. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Botelho, M. R., Faria, M. P. de, Mayr, C., T., R., Oliveira, L., M., G de (2021). Rompimento das barragens de Fundão e da Mina do Córrego do Feijão em Minas Gerais, Brasil: decisões organizacionais não tomadas e lições não aprendidas. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 46. Disponível: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/dFc95LRcYkMgPZ8HyRkFgpQ/abstract/?lang=pt>. [10 jan. 2022]

Campos, N. N., Poznyakov, K. (2021). A Gestão de riscos em barragens de rejeitos no Brasil. *Revista Boletim do Gerenciamento*. nº 22. Disponível: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/538>. [13 out. 2021]

MINAS GERAIS (2019). *Lei 23.291 de 25 de fevereiro de 2019*. Institui a política estadual de segurança de barragens.

MINAS GERAIS (2020). *Decreto n. 48.078 de 05 de novembro de 2020*. Regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência - PAE -, estabelecido no art.9 da Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens. Decreto estadual n. 48.078/ 2020, o qual regulamenta os procedimentos para análise e aprovação do Plano de Ação de Emergência.

MINAS GERAIS (2021). *Decreto n. 48.140 de 25 de fevereiro de 2021*. Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, estabelece

medidas para aplicação do art. 29 da Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, e dá outras providências.

Milanez, B., Wanderley, L. J. (2020). O número de barragens sem estabilidade dobrou, “e daí?”: uma avaliação da (não-) fiscalização e da nova Lei de (in) Segurança de Barragens. *Versos*, v.4, n. 4, p. 1-14. Disponível: <https://www.ufjf.br/poemas/versos/edicoes/>. [12 jan. 2022]

Oliveira, M. F. (2011). *Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração*. Universidade Federal de Goiás. Disponível: https://files.cercomp.ufg.br/web/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. [03 fev 2022]

Pereira, F. G., Firme, P. H. C., & Cotta, J. P. V. (2021). Plano de Ação de Emergência de barragens de mineração: evolução, conceito e discussões. *Territorium*, 28 (I) "Manifestações de Riscos em Barragens de Rejeitos de Mineração". Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC - Imprensa da Universidade de Coimbra. ISSN: 0872-8941 53-66. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_28-1_4

Silva, D, C, C., Fais, L., M., C., F., Freiria, R., F. (2020). Segurança De Barragens: Panorama Histórico Da Legislação Brasileira. *Revista Athenas*. Disponível: https://www.fdcl.com.br/revista/site/download/fdcl_athenas_ano9_vol1_2020_artigo06.pdf. [12 out. 2021]

Silva, R. S. A., Medeiros, A. B. S., Oliveira Júnior, A. P., Freitas Neto, O., Santos Júnior, O. F (2021). Acidentes e incidentes em barragens brasileiras: uma análise dos dados disponíveis nos relatórios de segurança de barragens e da legislação vigente. *Holos*. 37 (6), 1-17. Disponível: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/10245>. [10 out. 2021]

Trindade, A. D. C. (2021). Segurança de Barragens de Mineração: um olhar a partir da Teoria da Regulação pelo Interesse Público. *Revista de Direito Setorial e Regulatório*, v. 7, nº 2, p. 1-23. Disponível: <https://periodicos.unb.br/index.php/rdsr/article/view/37986>. [09 out. 2021]

ANEXO I - ROTEIRO SEMI ESTRUTURADO DAS ENTREVISTAS

PERGUNTAS GERAIS

1. O PAE possui a função principal de orientar reações em caso de emergência. Com base em sua experiência profissional quais os aspectos desse papel você acredita que são cumpridos? (Por que, como?)
2. Outro ponto importante nesse instrumento é a definição de papéis e responsabilidades. Como fica esse aspecto na sua opinião?
3. O órgão fiscalizador possui um papel importante na dinâmica do PAE ao definir diretrizes específicas de acordo com a finalidade da estrutura, por exemplo. Como você vê essa parametrização vinda de diferentes agentes?
4. Os órgãos fiscalizadores possuem um papel importante na dinâmica do PAE ao definir diretrizes específicas. No caso do Brasil essa responsabilidade é compartilhada por órgãos federais, estaduais e municipais. Como você avalia o grau de articulação e cooperação entre as diferentes entidades envolvidas?
5. Os últimos acidentes (Brumadinho e Marina), de um modo geral, implicaram na alteração da PNSB e diretrizes gerais do PAE que se desdobraram em Legislações estaduais, Decretos de Regulamentação, Instruções Técnicas, Resoluções e Portarias em MG. Como você avalia a existência dessas diretrizes adicionais?
6. Até que ponto você considera que as alterações recentes nas legislações foram um avanço para a segurança de barragens no Brasil? (Se sim, quais foram os avanços?/ Se não, quais os retrocessos?)
7. Quais os maiores desafios encontrados por você e sua equipe na elaboração/implementação do PAE?
8. Quais são as possibilidades que você vislumbra para a superação desses desafios?

PERGUNTAS POR ÁREA

o RELACIONAMENTO E COMUNICAÇÃO

Agora, gostaria de passar por alguns pontos específicos básicos obrigatórios do PAE e que expusesse sua experiência sobre os desafios e soluções envolvendo esses temas:

1. Levantamento cadastral e mapeamento atualizado da população existente na ZAS, incluindo a identificação de vulnerabilidades sociais;
2. Identificação de interlocutores chave nas comunidades;
3. Gestão de conflito e contestação à presença das barragens e à elaboração do PAE;
4. Plano de comunicação, incluindo contatos dos responsáveis pelo PAE no empreendimento, da prefeitura municipal, lideranças comunitárias, dos órgãos de segurança pública e de proteção e defesa civil, das unidades hospitalares mais próximas e das demais entidades envolvidas;
5. Programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos;

Encerramento:

- Quais os principais desafios que você identifica em seu trabalho especificamente relacionados ao relacionamento e comunicação?
- Quais alternativas você implementou para superar os desafios encontrados nesse processo?
- Acredita que tais medidas são passíveis de serem aplicadas a vários cenários?

o ARTICULAÇÃO COM PODER PÚBLICO

Agora, gostaria de passar por alguns pontos específicos básicos obrigatórios do PAE e que expusesse sua experiência sobre os desafios e soluções envolvendo esses temas:

1. Procedimentos preventivos e corretivos e ações de resposta às situações emergenciais identificadas nos cenários acidentais;
2. Atribuições e responsabilidades dos envolvidos e fluxograma de acionamento;
3. Medidas específicas, em articulação com o poder público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural;
4. Dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para resposta às emergências;

Encerramento:

- Quais os principais desafios que você identifica em seu trabalho especificamente relacionados ao relacionamento institucional?
- Quais alternativas você implementou para superar os desafios encontrados nesse processo?
- Acredita que tais medidas são passíveis de serem aplicadas a vários cenários?

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



THE TERRITORY FACED WITH TECHNOLOGICAL RISKS IN ALGERIA:
CASE OF THE BLEVE PHENOMENON'S EFFECTS RELATED TO THE TRANSPORT OF HAZARDOUS MATERIALS*

O TERRITÓRIO DIANTE DOS RISCOS TECNOLÓGICOS NA ARGÉLIA:
CASO DOS EFEITOS DO FENÔMENO BLEVE RELACIONADOS AO TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS

Houria Bencherif

University Batna 2 (Algeria)

Laboratory Management - Transport - Logistics (MTL)

ORCID 0009-0008-0611-999X h.bencherif@univ-batna2.dz

ABSTRACT

The risks associated with the Transport of Hazardous Materials (THMs) are distinguished from other technological risks through their mobile and diverse nature. This is due to the wide variety of substances transported and the territories covered. Therefore, the THMs risk management approach has prompted considerable progress in terms of infrastructure and vehicle safety. However, a residual risk persists, mainly near cities and on highways, where the areas crossed by the flow of hazardous materials present a high vulnerability that needs to be assessed and modelled according to different accident scenarios. The purpose of this study is to estimate the effects of the boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) phenomenon at a GPL filling centre in El-Eulma, a city in Algeria. For this, the methodology used is based on the use of the preliminary risk analysis (PRA) to determine the hazardous phenomena that may occur. Then, the ALOHA software was used to estimate the consequences of the BLEVE. The obtained results illustrate the severity of the human and material consequences. Accordingly, preventive measures were proposed.

Keywords: Hazardous materials transportation, BLEVE, GPL filling centre, safety distance.

RESUMO

Os riscos associados ao Transporte de Materiais Perigosos (TMP) distinguem-se de outros riscos tecnológicos pela sua natureza móvel e diversa. Isso se deve à grande variedade de substâncias transportadas e aos territórios cobertos. Neste sentido, a abordagem de gestão de riscos do TMP despoletou progressos consideráveis ao nível das infraestruturas e da segurança veicular. No entanto, persiste um risco residual notadamente próximo às cidades e nas rodovias, onde as áreas atravessadas pelo fluxo de materiais perigosos apresentam alta vulnerabilidade que precisa ser avaliada e modelada de acordo com diferentes cenários de acidentes. O objetivo deste estudo é estimar os efeitos do fenômeno Explosão do Vapor Expandido pelo Líquido em Ebulição (BLEVE) em um centro de enchimento GPL na cidade de Eulma, na Argélia. Para isso, a metodologia utilizada baseia-se na utilização da Análise Preliminar de Risco (APR) para determinar os fenômenos perigosos que podem ocorrer. Em seguida, o software ALOHA foi utilizado para estimar as consequências do BLEVE. Os resultados obtidos ilustram a gravidade das consequências humanas e materiais. Assim, foram propostas medidas preventivas.

Palavras-chave: Transporte de materiais perigosos, BLEVE, centro de enchimento GPL, distância de segurança.

* O texto deste artigo foi submetido em 09-01-2023, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 27-08-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introduction

Natural and technological hazards often pose an unpredictable threat to society as a whole. In this regard, technological risks directly related to human activity and more particularly those related to the transport of hazardous materials, seem to be, a priori, easier to predict and control. Moreover, past accidents (Saint-Armand-les-Eaux, France, 1973; Los Alfaques, Spain, 1978; Dakar, Senegal, 1992; Mont-Blanc Tunnel, France-Italy, 1994; Italy, 2009; Gironde, France, 2016; Tanzania, 2019) prove that progress remains to be made in the areas of prevention and forecasting of these risks.

Industrial activities require the production and use of hazardous materials and their transport between installations. Therefore, these materials represent risks not only on industrial sites but also during transport. In general, all types of hazardous materials transport (i.e., road, air, rail, etc.) have risks. However, it can be said that road transportation is the most common way and that presents most of the risks due to several factors such as the driver's skills and conscience to comply with safety rules, the traffic circumstances, the vehicle condition, and the road conditions.

The consequences of accidents related to the Transportation of Hazardous Materials (THMs) can be human, economic, and environmental. Human consequences are related to persons directly or indirectly exposed to the consequences of the accident. They may be in a public place, at home or at work. The risk for these people can range from minor injury to death. Economic consequences are related to businesses near the site of the accident and infrastructures, as roads and railways, for example, that can be destroyed or seriously damaged, resulting in disastrous economic consequences. Finally, an THMs accident can have significant repercussions on ecosystems if partial or total destruction of fauna and flora occur. The consequences of an accident can also have an impact on geo-resources (e.g. pollution of groundwater) and, consequently, an effect on humans.

Among the main THMs risks, one can cite toxic clouds, fire, explosion and the BLEVE phenomenon. Hazard studies in the THMs field favor an approach centered on the source of the hazard and the Impact (distances) of effect. The presented study is part of this reflection and aims to estimate the effects of the BLEVE phenomenon at the GPL filling center of El Eulma and determine safety distances. The results of this work can be used to strengthen existing prevention measures and provide professionals with THMs risk assessment tools.

Emergence of the risk on the vulnerable territory

A given territory is subject to a certain number of hazards (natural or technological hazards). It is characterized by a certain vulnerability, of more or less intensity and which varies in time and space. The risk can only appear on the vulnerable territory if the hazard is present at a given moment on this same territory. In the THMs risk, three fundamental notions must be considered: the THMs hazard, the THMs risk, the territorial vulnerability to the THMs risk (fig. 1).

The hazard

The THMs hazard corresponds to the transport of hazardous materials itself. Several modes of transport are possible such as road, rail, river, sea, air or even by pipeline. The hazard is defined from several points of view: spatial (the route taken), temporal (date and time interval), quantitative (volume transported) and qualitative (nature of the hazardous material).

THMs risk

Risk only appears on the territory if the hazard is present at a given moment on this same territory. Risk is defined as a combination of the probability of occurrence of an accidental event and the severity of the potential consequences.

In addition, risk is a relative concept that depends on the perception that the social group has of the hazard and its vulnerability. Thus, risk evolves according to time and place and will be more or less accepted. Similarly, vulnerable spaces are constantly changing with changes in the demographic growth and urban expansion. Therefore, vulnerability is responsible for modifying different risk management approaches.

The vulnerability

Vulnerability studies applied to technological risks are very rare. The territory's vulnerability to THMs risks can be defined as a combination of the assessment (quantitative and qualitative) of targets, their sensitivity and their degree of exposure to risk factors.

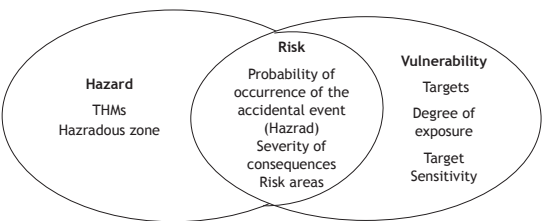


Fig. 1 - Relationships between THMs hazard, vulnerability and risk (Source: CNRS, 2001).

Fig. 1 - Relações entre TMP perigo, vulnerabilidade e risco (Fonte: CNRS, 2001).

The risk associated with THMs is difficult to assess due to the interplay of many factors, including

- The diversity of products transported each representing a specific risk;
- The diversity of probable accident locations (75 % of road accidents taking place in open area);
- The diversity of risk sources (failure of transport mode, containment, human error, etc.);
- The diversity of means of transport used.

Each year, the development of traffic, the opening of new transport routes, whether by road, rail, water or even pipelines, increase the risk of accidents, which raises many questions concerning THMs hazard, methods of occurrence, potential consequences and the vulnerability of the spaces located on each side of transport axes.

State of the art on TDG risk assessment

THMs related risk assessment methods are numerous and diversified. The calculation of effect distances and the evaluation of foreseeable consequences constitute the common ground of most works. Several studies have been carried out in this field using different methods and tools. An inventory of main studies is presented below.

The first study carried out by Griot was based on a method for assessing territorial vulnerability applied to risks associated with the transport of hazardous materials in close consultation with civil security. Inspired by systemic risk analysis, the vulnerability model incorporates three main dimensions: targets, their sensitivity and their degree of exposure to hazard. The use of expert judgments and decision support methods to model vulnerability is the innovative aspect of this method. Then the prototype of a Geographic Information System decision support tool relating to THMs risks intended for Civil Security was developed. The original contribution of this tool lies in the integration of vulnerability maps that makes it possible to shorten the time devoted to the analysis of the space and thus to accelerate the management of the accident. (Griot, 2003; 2007).

The second study carried out by Grivault and Barczak in 2007 presents a method for assessing the vulnerability of urban areas to risk of transporting hazardous materials. It consists of identifying issues present in the study area and assessing their vulnerability. The weight of each vulnerability factor was estimated using a hierarchical multi-criteria and spatial analysis using a geographic information system. The result is presented in the form of an easily mappable summary index of vulnerability offering the possibility of analytical questioning.

The method makes it possible to propose several other indicators according to the type of vulnerability or according to the type of phenomenon. These indicators can be mapped in grid cells for the entire study area or assigned to each section of the road. The integration of these indicators in a geographical information system makes it possible to compare the level of vulnerability along different road routes. Graph traversal algorithms can be applied to determine the optimal routes in terms of vulnerability (Grivault and Barczak, 2007).

In 2012, a work was carried out by Garbolino and Lachtar as part of the SECTRAM project that contributes to the safety of freight transport in France. The main objective of the project is the development of common logistics solutions to improve the safety of transport services and infrastructure at cross-border and interregional level. This is a collaborative work between ARMINES, the University of Genoa, the “*Groupeement d’Exploitation du Fréjus*” and the Ligurian Region. For each of the two modes of road and rail transport, accident simulation was carried out for propane and chlorine. The mapped results allow the identification and rapid understanding of the most vulnerable areas (Garbolino and Lachtar, 2012).

In 2015, Luè and Colorni in Italy carried out a study as part of the perspective of reducing risks of transporting hazardous materials. The proposed a method for assessing territorial vulnerability regarding these risks in the PACA and Rhône-Alpes. The authors used a risk assessment model that considers the consequences of an accident for each road segment on the population, territorial infrastructures and environmental elements. As a result, critical areas were determined and can be located and taken care of during prevention and intervention operations (Luè and Colorni, 2015).

El Safadi’s work carried out as part of his doctoral thesis in 2015 consists in evaluating the level of risk in areas subject to the transport of hazardous materials. To do this, a certain amount of information is used, such as the quantification of the intensity of the phenomena that occur using effect models. These models mainly contain input variables related to exposure database, meteorological data, etc. To correctly carry out a mapping by determining the danger zone where the level of risk is deemed too high, it is necessary to identify and take into account the uncertainties on the inputs in order to propagate them in the effects model and thus to have a reliable assessment of the level of risk (El Safadi, 2015).

The work carried out by Soto and Renard in 2016 proposes an operating mode which makes it possible to acquire precise knowledge of territorial vulnerability, which can be applied to all types of hazards and applicable to all territories. In the context of this work, the subject concerns the transport of hazardous materials, which constitutes, by nature, a diffuse and transient risk, the

effects of which are still little known on the experimental territory: the urban community of Greater Lyon.

For this, a methodology is proposed based on an inventory of the issues present in the territory, and on an assessment of their vulnerability, using a multi-criteria hierarchical decision-making aid method and semi-structured interviews with local experts. The results take the form of fine-scale cartographic representations that make it possible to point out the specific vulnerability of environmental issues to the consequences of an accident during THMs, particularly in the east of the agglomeration (Soto and Renard, 2016).

Finally, the work carried out by Mabrouki *et al.*, proposes a new approach to routing and planning the transport of hazardous materials in urban areas. The purpose of this work is to find the safest and shortest routes for transporting hazardous materials. This allows us to reduce risk, minimize damage, and ultimately keep people, property and the environment as far away as possible from the effects and consequences of hazardous materials.

The work carried out is based on the calculation of spatial Voronoi diagrams. The development of such a spatial model will make it possible to assess the proximity of areas vulnerable to risk by calculating the distance separating these spatial objects from vehicle routes. The weighting of these spatial structures by socio-economic data constitutes an important support for spatially analyzing the urban environment and governing the hazardous materials transport network.

(Mabrouk and Karim, 2016; Mabrouk and Boulmakoul, 2017; Mabrouk and al., 2017).

It appears that the evaluation of territorial vulnerability can be estimated using different tools and methods. Studies carried out in this area use geographic information systems to map risk areas and various software to model the effects of hazardous phenomena related to THMs. The choice of these tools and methods depends on the objectives of these studies and data availability.

Estimation of the BLEVE effects at the filling center of El Eulma

Presentation of the study field

In order to make a simulation of the BLEVE phenomenon effects, we carried out field work at the LPG filling center of EL Eulma city in Algeria. The company is located in the industrial zone of El Eulma near the national road N° 77 linking El Eulma to Batna. The Center has an area of 60,000 m² (fig. 2).

The distribution network of the El Eulma filling center consists of:

- 09 GD stations;
- 01 GL station;
- 72 PVS;
- 19 ACP;
- 01 ASR, 65 AR and 04 RD.



Fig. 2 - Presentation of the El Eulma filling center.

Fig. 2 - Layout of the El-Eulma filling centre.

The El Eulma filling center packages 37,500 tons annually and distributes 41,500 tons of LPG, with a staff of 133 permanent workers and 58 temporary. Bulk Butane is transported to the filling center of El Eulma from the GIS of Khroub - Constantine and the bulk Propane from the Filling Center of Skikda.

The center has an infrastructure consisting of:

- One (01) Butane storage sphere with a total capacity of 1000 Tons; i.e. an autonomy of 04 days;
- Two (02) Propane storage cigars with a total capacity of 150 Tons; i.e. an autonomy of 03 days;
- Two (02) B13 filling carousels (01 carousel with 24 stations with mass flowmeters and 01 carousel with 12 mechanical scales); i.e. an annual filling capacity of 37,500 tons per shift;
- One (01) Butane filling station 03 kgs;
- One (01) firewater reserve of 1500m³;
- Three (03) electric fire pumps of 150 m³/h each;
- One (01) motor pump of 500 m³/h.

Work methodology

The methodology pursued is based on the use of the preliminary risk analysis (PRA) to determine the hazardous phenomena that may occur. Then, the ALOHA software was used to estimate the effects of the BLEVE that was selected as the most dangerous phenomenon according to the results of the preliminary risk analysis.

Preliminary risk analysis

The collection and analysis of information and lessons learned from TDG accidents that have occurred in Algeria and even elsewhere make it possible to better understand the course of accidents, their causes, and their consequences. This information is necessary for the TDG risk analysis.

Thus, based on the national and international TDG experience feedback and on the information available at the company level, we carried out the preliminary analysis of the TDG risks. This analysis was based on three elements:

- The human factor: driver,
- The technical factor: tank truck;
- The environment factor: road, signage.

In this work we have only presented the part which concerns the first two factors, namely the human factor and the technical. Moreover, the preliminary analysis aims to identify, for a dangerous element, one or more

hazardous situations. A hazardous situation is defined as a situation that, if not controlled, can lead to the exposure of targets to one or more hazardous phenomena. The phases of a preliminary risk analysis are:

- To determine the causes and consequences of each of the identified hazard situations;
- To identify of existing safety barriers.

After the identification of dangerous elements, the construction of the PRA table was conducted. This table is made up of 8 columns:

- The system or function to be studied;
- Phase;
- Dangerous situation;
- Causes;
- Existing safety barriers;
- Possible consequences;
- Control of the consequences-

The analysis was carried out for two dangerous elements in the studied systems: the tanker and the driver. A summary of the results obtained are presented (TABLE I and II).

For this work, we have focused on the study of the most feared phenomenon in the field of the transport of hazardous materials, which is the BLEVE as shown by the preliminary risk analysis.

Presentation of the scenario

For the selection of the scenario, it was considered the information from the analyzes of the accidents that have occurred at company level, which show that two types of errors have been observed:

- errors made by drivers during transport and during loading and unloading operations, such as driver failure, speeding, dangerous maneuvers when parking inside the company and even outside, difficulties when avoiding an obstacle, sudden braking, etc. It should be noted that most of these errors were included in the preliminary risk analysis;
- errors related to the organization within the company due to lack of control and monitoring in relation to the execution of the various operations by the drivers.

It was also taken into consideration one of the mistakes made by the drivers and this in consultation with the persons in charge of safety in the company.

The scenario selected for this work consists of an explosion of a truck's LPG tank according to the following sequence:

TABLE I - Results of the preliminary analysis for the technical factor - Tank Truck.

TABELA I - Results of the preliminary analysis for the technical factor - Fuel tanker.

System or Function	Phase	Hazardous situation	Causes	Control of causes	Consequences	Control of consequences
Brakes	On the road	- Fire - BLEVE - UVCE if rupture	- Overheating of the brakes - Drum warm-up	- Temperature sensor - Driver training - Emergency brake	- Dense smoke - Fire - Explosion - Release of toxic fumes	- Extinguisher - Notify emergency services
	Parked	- Fire - BLEVE - UVCE	- Overheating of the brakes - Drum warm-up	- Control methods - Temperature sensor	- Dense smoke - Fire - Explosion - Release of toxic fumes	- Extinguisher - Notify emergency services
Tires	On the road	- Explosion - BLEVE - UVCE - Fire	- Tire burst - Tire pressure	- Periodic mechanical check - Driver training	- Explosion - BLEVE - UVCE	- Extinguisher - Notify emergency services
	Parked	- Fire	- Burst of a tire - Tire inflation	- Periodic mechanical check - Driver training	- Violent breath - Projection of fragments - Fire - Burns - Poisoning	- Extinguisher - Notify emergency services
Coupling	On the road	- BLEVE - Fire - Overturning of the vehicle	- Coupling breakage - Non respect of transported weight	- Emergency brake - Trailer control valve (VCR) - Emergency relay valve	- Overturning of the vehicle - burns - poisoning - corrosion	- Emergency brake - Trailer control valve - Emergency Relay valve

TABLE II - Results of the Preliminary analysis for the human factor - Driver.

TABELA II - Resultados da Análise preliminar para o fator humano - Motorista.

System or Function	Phase	Hazardous situation	Causes	Control of the causes	Consequences	Control of the consequences
Driving	On the road	- Collision Rollover of the vehicle - BLEVE - UVCE - Toxic Cloud	- Driver failure - Obstacle avoidance - Sudden braking	- Speed bump - Emergency brake - Brake assist (ABS or ABR)	- Collision - Overturning of the vehicle - Accidental pollution	- Extinguisher - Notify emergency services
			- Obstacle avoidance - Path error	- Driver training	- Collision - Overturning of the vehicle - Accidental pollution	- Isolate the leak - Extinguisher - Notify emergency services
			- Priority refusal	- Driver training	- Collision - Blast - Fire - Burns	- Extinguisher
			- Excessive speed due to delay	- Speed limiter - Notify the recipient of the delay - Driver training - Traffic restrictions	- Collision - Pileup - Overturning of the vehicle - Burns - Poisoning - corrosion	- Extinguisher - Notify emergency services
	Parked	- Collision Rollover of the vehicle - BLEVE - UVCE	- Overheating of the brakes - Drum warm-up	- Driver training - Steering system	- Collision - Overturning of the vehicle - Accidental pollution	- Fire extinguisher - Notify emergency services - Isolate the (non) ignited leak
		- Collision Rollover of the vehicle - BLEVE - UVCE		- Driver training - Emergency brakes - Parking brake	- Collision - Overturning of the vehicle - Accidental pollution	- Fire extinguisher - Notify emergency services - Manhole cover protection - A collector tank in plastic

During the return of a tank truck to the company to load propane, there was a collision with the electric pole causing a hole in the cistern. The driver did not notice the fracture and fills the tank with propane. Then, the driver parks in the company parking lot while waiting for the route card. When the driver turns on the engine, a spark occurs triggering an explosion followed by a BLEVE.

This study is considered the first for this site in which we have considered the most dangerous phenomenon. We started our study with a single scenario having a set of characteristics related to the tanker truck and the transported material. But, the change of the parameters related to the characteristics of the tank truck, the nature and the quantity of the materials transported can effectively give several scenarios with more information on the effects of the phenomenon studied. In this sense, we have already started work which will subsequently constitute a database for the company for better management of the phenomenon

Estimation of the BLEVE effects

Many software programs are available and that can model the explosion effects of various chemicals. Some of them are particularly oriented to emergencies. In this work, the ALOHA model was used for its advantage of controlling several variables.

The ALOHA software (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) is an integral-type model that solves the equations for a large number of chemicals. Its database contains information on chemical properties of approximately 1,000 of the products that are likely to be involved in chemical accidents. Modeling makes it possible to know the extent of the potential effects related to the BLEVE phenomenon such as Radiation and Overpressure, and to develop emergency and intervention plans. In this work, only modeled the effects of radiation were modeled at the LPG filling center of El Eulma.

Modeling results

The first stage of modeling consists in setting the parameters related to the meteorological conditions and the characteristics of the tanker truck that are:

- Capacity: 38500 liters;
- Empty weight: 7500 kg;
- The tank filling: 26245.09 kg of LPG;
- The maximum pressure of this tank: 19.3 bars;
- Maximum temperature: 50° C.

These characteristics partly determine the nature and extent of the effects of BLEVE that may occur (TABLE III and fig. 3).

TABLE III - The conditions considered for the ALOHA modeling.

TABELA III - The conditions considered for the ALOHA modelling.

Environmental conditions and tank characteristics	Values
Wind speed	2.22 m/s
Wind direction	ESE
Air Humidity	62 %
Air temperature	13 C°
The product transported	Propane
Tank volume	38.5 m ³
Tank localization: Latitude	36° 07' 45.52" ESE
Tank localization: Longitude	5° 41' 58.66" ESE
Tank localization: Altitude	1.53 km
Tank Diameter	2.18 m
Tank Fill percentage	80 %
Mass of liquid- transported	16900 kg

```

Text Summary
SITE DATA:
Location: EL EULMA, ALGERIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.73 (unsheltered single storied)
Time: April 26, 2019 1659 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE
CAS Number: 74-98-6
Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -42.3° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2.222 meters/second from ese at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 13° F Stability Class: B
Inversion Height: 5 meters Relative Humidity: 62%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 2.18 meters Tank Length: 10.3 meters
Tank Volume: 38.5 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 13° C
Chemical Mass in Tank: 15,808 kilograms
Tank is 80% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
  
```

Fig. 3 - Summary of the test performed.

Fig. 3 - Resumo do teste realizado.

After inserting the data and testing it, the effects were modeled. The results of modeling thermal radiation effects by ALOHA are presented (TABLE IV).

TABLE IV - Modeling Effects by ALOHA - El Eulma.

TABELA IV - Modelling Effects by ALOHA - El-Eulma.

Area	Threshold	Distance
Red	10 kW/m ²	363 m
Orange	5 kW/m ²	513 m
Yellow	2 kW/m ²	802 m

The colors used in TABLE IV present the safety distances and determine the risk zones of the most serious in red, less serious in orange and acceptable in yellow. These colors coincide with the colors used in figure 4.

The thermal effects of the BLEVE can be human and material according to the reference values relating to the thresholds of thermal effects on humans and on structures (CERTU, 2003). These effects can be divided into three areas (TABLE IV and fig. 4):

- A red zone affected by thermal radiation that exceeds 10 kW/m^2 with the threshold of significant lethal effects corresponding to the zone of very serious danger to human life. It also corresponds to the threshold of domino effects corresponding to the threshold of serious damage to structures;
- An orange zone affected by thermal radiation that exceeds 5 kW/m^2 with the threshold for the first lethal effects corresponding to the zone of serious risk to human life. This zone also corresponds to the threshold for significant destruction of windows;
- A yellow zone affected by thermal radiation that exceeds 2 kW/m^2 with the threshold of irreversible effects corresponding to the zone of significant danger to human life. Effects on structures is absent.

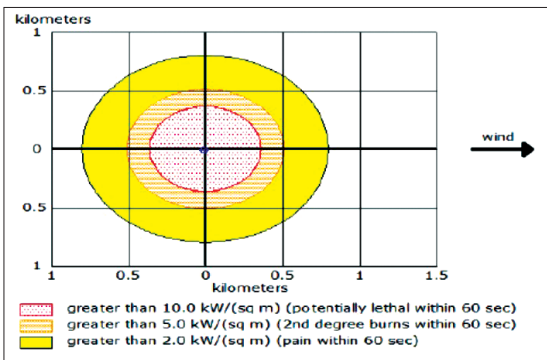


Fig. 4 - Thermal effect zones of the BLEVE.
Fig. 4 - Zonas de efeito térmico do BLEVE.

Modeling also makes it possible to locate the areas affected by the effects of the BLEVE at the level of the filling center (fig. 5).

The results show that the effects of radiation can be significant for people at the center and even on structures. The results also show that safety distances must exceed 802 meters. Therefore, specific prevention measures must be implemented for each area:

- For the first zone: measures prohibiting access and movement must be considered in place for all people in the center and even elsewhere;
- For the second zone: strict traffic restriction measures must be considered in place for company personnel. Exceptions are made for civil protection, for example;
- For the third zone: traffic limitation measures must be taken to minimize the number of people likely to be present.

Finally, it should be noted that the impacts of the BLEVE phenomenon recorded can cause domino effects. These effects are the most destructive accidents for industrial sites. But studies of domino effects are difficult because they require deep analyses. This kind of work requires a lot of information that is not currently available for our study but could be the subject of another research in the future.

Conclusion

BLEVE is an explosion of expanding gases from boiling liquid that can occur both inside and outside industrial sites. This phenomenon can impact the storage and transport tanks of liquefied gases (Butane, Propane, Propylene but also ammonia, carbon dioxide, etc.) and generate thermal and pressure effects. These effects can affect, depending on the nature and quantity of

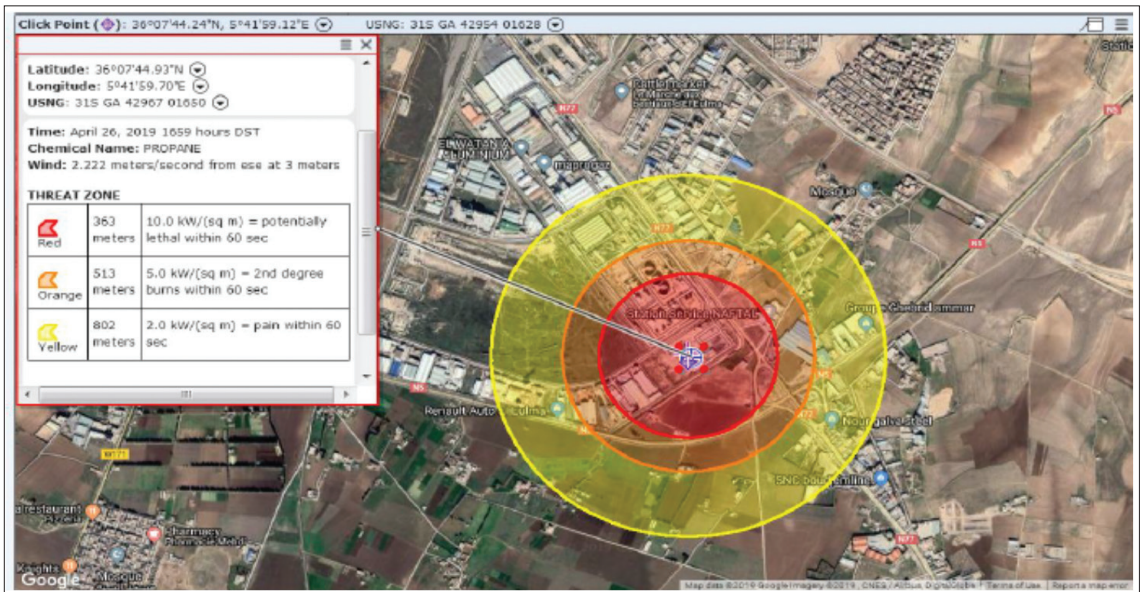


Fig. 5 - Areas affected by the BLEVE's thermal effects.
Fig. 5 - Áreas afetadas pelos efeitos térmicos do BLEVE.

the materials transported, people, structures and even the environment in the same territory. In addition, the modeling of the effects of BLEVE makes it possible to highlight the extent of this phenomenon in this territory and to determine the zones at risk. Taking into account the safety distances delimited by the risk areas makes it possible to strengthen prevention, protection and intervention strategies within the territory.

In this work we have tried to estimate the effects of the BLEVE phenomenon at the LPG filling center of El Eulma in Algeria. The results show that the proposed BLEVE phenomenon can have negative thermal effects at the LPG filling center. These thermal effects can affect people and even structures:

On people:

- Significant lethal effects correspond to the zone of very serious dangers for human life with a distance of 363 meters;
- Lethal effects correspond to the area of serious danger to human life with a distance of 513 meters;
- Irreversible effects correspond to the zone of significant dangers for human life with a distance of 802 meters.

On structures:

- Serious structural damage threshold corresponds to the red zone affected by thermal radiation greater than 10 kW/m² with a distance of 363 meters;
- Significant window destruction threshold corresponds to the orange zone affected by thermal radiation greater than 5 kW/m² with a distance of 513 meters.

The detailed study of the domino effects was not carried out in this work.

These results suggest that the safety distances must be exceeded 802 meters and the preventive measures to be considered in the area. In this sense, we propose the following measures that allow both to prevent and to intervene in the event of accidents and to increase the safety of the territory in general:

- Responsiveness of emergency services;
- Traceability of authorized parking places and routes;
- Establishment of risk maps to locate high THMs risk sectors;
- Identify sectors that can be the subject of crisis management exercises;
- Organize emergency services specializing in THMs accidents in the best possible way (installation of equipment to optimize on-site intervention times).

These proposals could also be supplemented by training actions for people who are potentially exposed to risk and crisis management in the event of an accident (beyond

the training already compulsory for drivers specialized in THMs). This would make it possible to train the entire supply chain on these issues.

Thus, the management of THMs requires expertise and knowledge in terms of regulations, inventory of flows and routes, identification of accident-prone areas, geolocation of issues, definition of risk scenarios and information of the public.

However, these skills and knowledge are generally not available. In order to overcome the difficulties related to the availability of data, we propose the use of new technologies that makes it possible to follow the flow of THMs even in real time and to help those responsible for intervention operations to collect sufficient information on the type of accident and effective means to use.

Bibliography

CERTU - *RISQUE INDUSTRIEL ET TERRITOIRES EN FRANCE ET EN EUROPE* (2001). *Etat des lieux et perspectives*. Ministère de l'équipement, des transports, du logement, du territoire et de la mer, France, 123 p.

CNRS - COLLOQUE INTERNATIONAL RISQUES ET TERRITOIRES, ENVIRONNEMENT (2001). Ville , Société, 16-18 mai 2001. Tome 1, 243 p.

Pittion, J. (s/d) *Évaluation des risques routiers liés aux TMD en Ile-de-France*. https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0074/Temis-0074613/16552_2.pdf

Garbolino, E., & Lachtar, D. (2012). Vulnérabilité et résilience du territoire face aux transports de marchandises dangereuses (TMD) dans un contexte transfrontalier. URL: <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00754586/document>

Griot, C. (2007). Des territoires vulnérables face à un risque majeur: le transport de matières dangereuses. Proposition d'un outil d'aide à la gestion de crise. *Géocarrefour*, 82(1-2), 51-63.

Grivault, C., & Barczak, A. (2007). Evaluation multicritère de la vulnérabilité des territoires aux risques de transport routier de matières dangereuses. *Une application à l'agglomération lyonnaise*. URL: <https://www.emse.fr/site/SAGEO2007/CDROM/p45.pdf>

Mabrouk, A., Boulmakoul, A., & Karim, L. (2016). Support d'aide à la décision basé sur un modèle spatial de Voronoï pour la géo-gouvernance des réseaux de transport de matières dangereuses dans un milieu urbain. In *Conference INTIS*, p. 14. URL: <https://www.researchgate.net/publication/308778234>

Mabrouk, A., & Boulmakoul, A. (2017). Nouvelle approche basée sur le calcul des itinéraires courts et sûrs pour

le transport des matières dangereuses favorisant l'accès rapide aux secours. conference Paper · November 2017 . URL: <https://www.researchgate.net/publication/321300719>

Mabrouk, A., Boulmakoul, A., Karim, L., & Lbath, A. (2017). Safest and shortest itineraries for transporting hazardous materials using split points of Voronoï spatial diagrams based on spatial modeling of vulnerable zones (The 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2017). *Procedia Computer Science*, 109, 156-163.

Safadi, E. A. E. (2015). *Contribution à l'évaluation des risques liés au TMD (transport de matières dangereuses) en prenant en compte les incertitudes (Doctoral dissertation)*. Université Grenoble Alpes (ComUE). NNT: 2015GREAT059. tel-01224166.

Soto, D., & Renard, F. (2014). Proposition d'une méthodologie de diagnostic territorial du risque TMD: application au Grand Lyon. In 51ème colloque de l'Association de Sciences Régionales de Langue Française (ASRDLF). URL: <https://www.researchgate.net/publication/279177179>

Soto, D., & Renard, F. (2016). Une meilleure prise en compte du risque technologique par une spatialisation fine des vulnérabilités territoriales- Le cas de l'agglomération lyonnaise. *Revue Internationale de Géomatique*, 26(3), 307-328. URL: <https://rig.revuesonline.com/articles/lvrig/abs/2016/03/rig00002/rig00002.html>



RISCOS

territorium 31 (II), 2024, 111-133

journal homepage: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/>

DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_31-2_8

Artigo científico / Scientific article



CONFLITOS RELATIVOS AO ACIONAMENTO DA BUZINA DE TREM: DE ALERTA ANTECIPADO A INCÔMODO SONORO*

CONFLICTS RELATED TO TRAIN HORN ACTIVATION: FROM EARLY-WARNING TO NOISE DISTURBANCE

111

Karen Andressa Fernandes

Universidade Federal de São Carlos (Brasil)

Departamento de Ciências Ambientais

karenandressafernandes@gmail.com

ORCID 0000-0002-7739-1834

Paulo Henrique Trombetta Zannin

Universidade Federal do Paraná (Brasil)

Departamento de Engenharia Mecânica

zannin@ufpr.br

ORCID 0000-0002-6744-6432

Norma Valencio

Universidade Federal de São Carlos (Brasil)

Departamento de Ciências Ambientais

norma.valencio@ufscar.br

ORCID 0000-0003-1855-3458

Marluza da Rosa

Universidade Federal de Santa Maria (Brasil)

Departamento de Ciências da Comunicação

marluza.rosa@ufsm.br

ORCID 0000-0002-3590-1752

Rafael Alves Orsi

Universidade Estadual Paulista (Brasil)

Departamento de Ciências Sociais

rafael.a.orsi@unesp.br

ORCID 0000-0002-6898-7820

RESUMO

A buzina de locomotiva é um dispositivo técnico e legal que visa à redução de riscos relacionados ao tráfego ferroviário. No entanto, há controvérsias: populações circunvizinhas a ferrovias podem entendê-la como incômodo sonoro e reivindicar seus direitos ambientais. Com o objetivo de compreender o teor desse tipo de conflito socioambiental, foi analisado um caso que tem ocorrido em São Carlos (São Paulo, Brasil). Por meio de pesquisa qualitativa (bibliográfica, documental e análise do discurso) e sob um prisma interdisciplinar, verificou-se que os segmentos sociais envolvidos no conflito adotam visões inconciliáveis sobre os prós e contras deste dispositivo de alerta antecipado, indo do cumprimento de deveres inderrogáveis de segurança de tráfego ferroviário ao direito inalienável a uma paisagem sonora condizente com o bem-estar humano. Conclui-se que tal conflito expõe a emergência de uma fobia sonora e uma disputa por definição de riscos motivadas por três choques: superposições territoriais, ancoradas em fases distintas da modernidade, racionalidades e práticas sociais antagônicas, e diferentes noções de risco que embasam os discursos.

Palavras-chave: Ferrovia, riscos híbridos, Brasil, modernidade reflexiva, poluição sonora.

ABSTRACT

The train horn is a technical and legal device that aims to reduce risks related to railway traffic. However, there are controversies: communities living close to railroads can see it as a noise nuisance and claim their environmental rights. In an effort to understand the content of this type of socio-environmental conflict, a case that has occurred in São Carlos (São Paulo, Brazil) was analysed. Through qualitative research (literature, documentary, and discourse analysis) and from an interdisciplinary point of view, it was found that the social groups involved in the conflict hold irreconcilable views on the pros and cons of this early-warning device, ranging from the fulfilment of indisputable duties of railway traffic safety to the inalienable right to a soundscape consistent with human well-being. It is concluded that this conflict exposes the emergence of a sound phobia and a dispute over definition of risks motivated by three shocks: territorial overlaps, based on distinct phases of modernity, rationalities and opposing practices, and different social notions of risk that underpin the discourses.

Keywords: Railroad, hybrid risks, Brazil, reflexive modernity, noise pollution.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 03-01-2023, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 28-04-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

112

A construção e a operação de ferrovias foram endossadas pela sociedade e pelo Estado brasileiros desde meados do século XIX, quando, sob o indireto domínio cultural e econômico inglês, eram consideradas o meio de transporte mais eficiente. Isso coadunou-se com a exportação cafeeira, a alavancagem do desenvolvimento econômico e social do território por elas atravessado, o surgimento ou o revigoramento de núcleos urbanos paulistas (de Matos, 1990; Pozzer, 2015). A introdução do sistema ferroviário, no país, fez-se notar pelo compósito de objetos técnicos a ele associados que transfiguraram o território (Santos, 2008) quanto à arquitetura e à engenharia. Alguns deles alçaram relativa perenidade na sua inserção espacial, como a malha de trilhos espalhada pelo interior do país, os pátios de manutenção e as estações ferroviárias. Outros, de quando em vez, renovavam a sua forma e conteúdo, tais como os portentosos e pesados objetos finalísticos de tráfego, a saber, os vagões e as locomotivas — estas última movidas inicialmente a vapor e, a partir de meados do século XX, a eletricidade —, bem como a finalidade de carga e o número de vagões. Essa robustez técnica impressionou os agentes políticos e econômicos de outrora, convencidos de que aquela era a chave do progresso interiorano da época, propiciadora de saltos quantitativos e qualitativos na produção cafeeira de exportação; expansão demográfica interiorana, induzida pela recepção e fixação da força de trabalho imigrante de base assalariada; e diversificação e incremento do mercado interno de bens de capital e bens de consumo (de Mello, 1991).

Todavia, as cidades que assentaram as suas origens e consolidação no binômio complexo cafeeiro-sistema ferroviário dinamizaram-se no século seguinte, sob a égide de outra lógica de transportes, concernida na alteração das matrizes econômico-produtivas, na potencialização das pressões de ocupação do solo urbano e na transformação substantiva dos repertórios culturais interpretativos dos elementos da paisagem construída e de suas interferências na vida cotidiana. Essa nova lógica, de base automotiva, propugnou um novo desenho de ocupação territorial urbana, celeremente implantado, o qual, contudo, dificultou a convivência cidadina com a base ferroviária. Isso se expressou através de um processo de territorialização sobreposto e conflitivo, que é ilustrado por acidentes envolvendo trens e pedestres ou trens e veículos automotivos. Logo, pressões sociais sobre as instituições públicas paulatinamente se intensificaram sob o intento de que estas lançassem ou atualizassem dispositivos normativos para mitigar riscos de inoportuna sobreposição de trânsitos, enquadrando as práticas do setor ferroviário aos novos fluxos urbanos pedestres e automotivos.

Residentes da zona urbana exigem a implementação de dispositivos de alerta relativos ao tráfego ferroviário,

esperando que tanto as composições ferroviárias quanto os equipamentos acessórios terrestres usados em ferrovias, sonoros ou visuais, contribuam para a redução de riscos de convivência com esses portentosos objetos técnicos móveis. Dentre tais dispositivos, ressaltou-se o de um aviso sonoro de aproximação de trens na zona urbana, isto é, o acionamento de buzina de trem por maquinistas. Empresas ferroviárias que atuaram ao longo do século XX (e.g., Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1945) e atuais (e.g., Rumo, 2020) tomaram-no como crucial marca espaço-temporal da sua presença, um amortecedor ambíguo das tensões entre tais lógicas de territorialização. Convém considerar que profissionais do setor envolvidos em acidentes ferroviários sofrem com quadros mais severos de *burnout* e estresse pós-traumático (Fonseca *et al.*, 2018), e acidentes ferroviários continuam a ocorrer no Brasil, a despeito de tal medida sonora precaucional (Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT], 2022), por vezes noticiados com alarde pela grande mídia. Além disso, empresas concessionárias de ferrovias são obrigadas a cumprir normativas de segurança do setor (ligadas a metas de produtividade e metas de redução de acidentes), cuja violação pode anular a concessão e responsabilizá-las nas esferas civil, administrativa e penal (e.g., ANTT, 2003, 2020). Preocupam-se, aliás, com a possibilidade de haver poluição de solo ou de mananciais hídricos em decorrência de um acidente ferroviário ou até mesmo catástrofes, o que se constitui em pressão adicional para que a estridência da buzina ganhe eficácia como medida precaucional a potenciais acidentes de quaisquer montas.

Alguns estudos de impacto ambiental preveem a geração de riscos de acidentes e a emissão de sons no ambiente, ao mesmo tempo que apontam que ferrovias têm viabilidade econômica e que são um meio de transporte mais seguro e menos poluente do que o rodoviário (Oikos Pesquisa Aplicada Ltda, 2009; Serviços Técnicos de Engenharia S. A., 2010). Em consonância, a Organização Mundial de Saúde (OMS) enfatizou a importância de serem adotadas medidas para atenuar o som gerado pelo tráfego de trens, mas também admitiu a menor emissão de gases de efeito estufa (World Health Organization [WHO], 2018) e não tratou do som emitido por buzinas em específico. Num contexto mais amplo relativo à poluição sonora, órgãos internacionais entendem-na como um problema de saúde pública e um risco ambiental, associada a ambientes urbanos (Aletta, 2022; WHO, 2018).

Quanto ao som ferroviário, ele é gerado por diversas fontes sonoras e operações ferroviárias. Cada qual, com sua intensidade e proporção de fonte predominantes, expõe populações circunvizinhas de ferrovias a emissões sonoras e pode incomodá-las (Licitra *et al.*, 2016). Distúrbios do sono, irritação e efeitos sobre o desempenho de atividades cotidianas que dependem

de um ambiente sonoro agradável, como conversar e estudar (Pultznerova *et al.*, 2018; Zannin e Bunn, 2014), são exemplos de perturbações desencadeadas. Outros efeitos podem ser a vontade de se mudar para um lugar mais quieto (Ali, 2005) e a suposição de que a presença da ferrovia deprecia o valor dos imóveis (Zannin e Bunn, 2014), o que de fato pode ocorrer (Bellinger, 2006). Diante da interferência em atividades diárias e dos efeitos psicológicos e fisiológicos, as pessoas podem ter reações contra o som ferroviário e desejar que a emissão sonora seja regulada (Ali, 2005). Além disso, o som ferroviário pode prejudicar a saúde, pois há evidências sugestivas de que aumenta o risco de crianças e jovens, de zero a 18 anos, desenvolverem alguns tipos de linfoma e tumores (Erdmann *et al.*, 2022); de indivíduos terem cardiopatia hipertensiva e insuficiência cardíaca (Seidler *et al.*, 2016); e de mulheres desenvolverem câncer da mama (Sørensen *et al.*, 2021), por exemplo, além de existirem potenciais efeitos que precisam ser mais estudados (Erdmann *et al.*, 2022; WHO, 2018).

À medida que aumenta o nível sonoro de fontes sonoras de ferrovias, o incômodo é aumentado (WHO, 2018), sendo a buzina uma das fontes mais associadas a isso (Licitra *et al.*, 2016). A sua alta intensidade sonora, sobretudo quando acionada no período noturno, compromete a qualidade do repouso de populações ao redor e causa mais incômodo (Zannin e Bunn, 2014). Por tais razões, o nível sonoro é uma preocupação antiga, o qual é necessário padronizar e para o qual alguns países e empresas têm buscado soluções, modificando regulamentos ou criando zonas de silêncio e avaliando se estas aumentam o risco de acidentes (Larue *et al.*, 2021; Ngamdung e daSilva, 2020). Enquanto a OMS recomenda que o som de tráfego ferroviário não ultrapasse 54 dB(A) e 44 dB(A) nos períodos de 24 horas e noturno, visto que causa incômodo e distúrbios do sono, nessa ordem (WHO, 2018), empresas concessionárias de ferrovias, no Brasil, atendem à ABNT NBR 16447:2016, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ([ABNT], 2016), que determina que a buzina emita um som contínuo e uniforme, entre 96 e 110 dB(A). Trata-se, pois, de um sinal ou alerta sonoro, conforme proposto por Schafer (2011), visto que é um som cuja intensidade é superior à do som residual, emitido com a finalidade de alertar aos que se encontram nas imediações da ferrovia que um trem está chegando e que ele lhes oferece riscos. “*Sinais, que precisam ser ouvidos porque são recursos de avisos acústicos: sinos, apitos, buzinas e sirenes*” (Schafer, 2011, p. 26-27).

Uma vez que o acionamento do alerta sonoro seja entendido como uma prática crucial para eliminar ou minimizar riscos, ele pode estar na delicada fronteira entre a responsabilidade empresarial para com a segurança humana ao redor e a contribuição, ativa e importante, no aumento da emissão sonora no ambiente.

Quando acionada, a buzina de trem indica que o tráfego ferroviário iminente terá precedência sobre quaisquer outras circulações no trecho utilizado, de modo que os trens, enquanto trafegam, constituem uma presença espacial que não pode ser ignorada pelas localidades cindidas pela malha de trilhos e reafirmam o quão inconveniente é essa cisão – demarcando o seu poder de estancar os fluxos endógenos corriqueiros e transitando à revelia das necessidades dos sujeitos do lugar. Enfim, as medidas precaucionais adotadas pelo sistema ferroviário sinalizam o êxito relativo da reflexividade institucional em face dos riscos subjacentes a essa convivência tensa, a qual ocorre por envolver lógicas territoriais distintas, pois o dispositivo sonoro adotado é tanto oportuno quanto impróprio.

A ambivalência acima apontada demonstra que há controvérsias suscitadas pela adoção de tal medida de segurança, já que tem causado crescente incômodo sonoro a algumas populações brasileiras que residem próximas a ferrovias, devido a fatores intersubjetivos e objetivos. Os fatores intersubjetivos são atinentes à percepção ambiental que se tem do som, isto é, ao repertório de sentidos que tais populações constituem (em suas circunstâncias histórico-culturais, em relação a tal estímulo) e que, então, passa a orientar o comportamento de seus membros diante de fontes sonoras (de Oliveira, 2017; Schafer, 2011). Esse repertório cultural nem sempre se coaduna com aquele constituído pelos produtores e acionadores do dispositivo sonoro; por vezes, sendo repertórios diametralmente opostos, frustra-se o desiderato comum, às partes envolvidas, por propósitos de segurança do tráfego ferroviário e de garantia do bem-estar local. Já os fatores objetivos referem-se a eventual incompatibilidade entre os parâmetros sonoros adotados por instituições, no que toca ao acionamento da buzina, ante a circunscrição na qual os trens transitam – o perímetro urbano – e o período do dia em que se aciona o alerta sonoro. É nesse contexto que populações circunvizinhas a ferrovias de diversos municípios brasileiros têm relatado, a meios de comunicação locais, sofrer com incômodo sonoro devido ao acionamento da buzina (Schaffauser, 2018), levando-as a encaminhar representações ao Ministério Público da sua localidade (Aravanis, 2019). Trata-se de um acionamento institucional que, uma vez feito, incita o órgão público a identificar e analisar a procedência de potencial violação de direitos (Milaré, 2018).

Ainda que algumas pesquisas desenvolvidas no Brasil tenham mensurado o nível sonoro causado por atividades ferroviárias ao qual populações estão sujeitas, avaliado quantas pessoas estão expostas, mapeando-o, e proposto medidas mitigadoras (Wosniacki e Zannin, 2021; Zannin e Bunn, 2014), o processo ligado à materialização de tal conflito continua incompreendido e há riscos híbridos que criam muitos óbices às tentativas de conciliação.

Riscos híbridos são um fenômeno de associação entre riscos de diferentes naturezas, cuja intersecção entre seus elementos resulta na intensificação de suas consequências prejudiciais para o meio social que os vivencia (Mendonça e Buffon, 2021). É de notar que os objetos técnicos territorializados, como as infraestruturas de transportes terrestres, podem alterar as suas funções em conformidade com as mudanças culturais do meio socioespacial em que estão inseridos, deixando de ser percebidos apenas pelos benefícios que os materializaram em dada época e passando a ser considerados em virtude dos riscos híbridos aos quais estão associados (de Souza *et al.*, 2022). Uma questão central que a problemática acima suscita é: que sujeitos e componentes, técnicos e discursivos, subjazem aos conflitos socioambientais relacionados ao acionamento da buzina de trem no contexto urbano brasileiro?

A fim de trazer elementos elucidativos da questão levantada, empregou-se uma perspectiva interdisciplinar para aprofundar a análise de certas metamorfoses do viver urbano brasileiro, as quais, em dado momento, desempenharam um papel decisivo na rápida integração do sistema ferroviário ao modo de vida local e, em seguida, deflagraram aversões à incorporação da malha e do tráfego ferroviário no tecido territorial. O ponto culminante desta recente fase de aversão está no processo de reflexividade, tanto institucional quanto comunitária, acerca dos malefícios relativos ao alerta sonoro acionado por maquinistas de trens, prática que os funcionários adotam em conformidade com as exigências institucionais. Tal conflito socioambiental está expresso, no âmbito jurídico, por um inquérito civil.

Com base na problemática e na indagação supramencionadas, este estudo objetivou identificar e analisar os principais elementos – técnicos, sociais e institucionais – constitutivos dessa conversão de sentidos para a população de um município brasileiro, que foi de entusiasta a intolerante à ferrovia que cinde o seu núcleo urbano. Trata-se do município de São Carlos, localizado na Região Central do Estado de São Paulo. A intolerância configura-se contra a atual política de segurança ferroviária que parametriza o modo de acionamento da buzina de trem, expressa pelo inquérito civil instaurado pelo Ministério Público Federal de São Carlos ([MPF], 2013). Para delinear o caso em tela, (a) descreveu-se os aspectos sócio-históricos, socioespaciais e econômicos mais relevantes vinculados à construção e à operação de ferrovias no Estado de São Paulo e no município de São Carlos; em seguida, (b) analisou-se a prática precaucional de acionar a buzina de trem, considerando a ambivalência ao evitar o risco de acidentes ferroviários, mas causar a exposição a altos níveis sonoros, em detrimento do direito ambiental dos cidadãos; e, por fim, (c) identificou-se os sujeitos em conflito e analisou-se os discursos pelos quais suas tensões são manifestas.

Material e métodos

Com base em pesquisa bibliográfica e documental, o conflito socioambiental foi interpretado sob uma perspectiva interdisciplinar, numa articulação interpretativa entre os campos da Geografia, Engenharia Acústica, Sociologia dos Desastres e Análise do Discurso. Dividido em três etapas e centrado no inquérito civil que está em tramitação em São Carlos (MPF, 2013), este estudo foi estruturado de modo a apresentar uma síntese do panorama sócio-histórico, dos parâmetros socioacústicos e dos discursos contrapostos pelos sujeitos em conflito.

Para tratar de dinâmicas sócio-históricas ligadas ao desenvolvimento ferroviário, acervos públicos e privados foram consultados, destacando-se o da Fundação Pró-Memória de São Carlos, onde foram buscados estudos e registros documentais que auxiliassem a compreensão da relação de populações para com as ferrovias e suas fontes sonoras no passado. Foram extraídos dois documentos do “Acervo Digital Fotográfico” e um da “Mapoteca e Lista de Imóveis Protegidos”, disponíveis *on-line* (<https://www.promemoria.saocarlos.sp.gov.br/>).

Feito isso, analisou-se as dinâmicas socioespaciais e socioculturais no município de São Carlos. Partiu-se de estudos prévios e registros documentais oficiais – tais como os censos demográficos, elaborados a cada dez anos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e o Plano Diretor do Município de São Carlos –, para então descrever as reclamações que o segmento incomodado, da população circunvizinha ao trecho urbano da ferrovia, encaminhou na forma de abaixo-assinados ou representações ao MPF (2013). Esse material compôs um conjunto interpretado, neste estudo, com base no direito ambiental vigente no país e na percepção ambiental de sons que tais sujeitos expressam, bem como nas relações de definição de risco em que estes se embasam. Por fim, as normas do município de São Carlos sobre emissão sonora, presentes nos autos do inquérito civil, foram analisadas e a elas acrescidos registros oriundos de busca virtual realizada no *site* da Câmara Municipal de São Carlos (<https://camarasaocarlos.sp.gov.br/lei/>), com a palavra-chave “ferrovia”, em 09/11/2022. Apenas uma, entre dez leis resultantes, tratava do assunto em foco e, portanto, foi selecionada.

No que concerne à Análise do Discurso, intentou-se compreender como os sujeitos nomeiam o som ferroviário e significam-no discursivamente, o que permitiu refletir sobre a relação entre segurança ferroviária, direitos ambientais, riscos ferroviários e riscos ambientais. Tendo como base tais assuntos, a partir das pesquisas bibliográficas e documentais anteriores, acrescidas de outros registros (como normas, estudos e regulamentos operacionais), foi formado um

arquivo do qual foram selecionadas e analisadas 27 sequências discursivas (SDs), isto é, enunciados verbais tidos como a materialidade da língua (Pêcheux, 2015). Elas não foram ajustadas à norma culta e seus destaques tipográficos originais foram removidos; quando houve necessidade de destacar enunciados, foi usado o itálico. Em resumo, o arquivo textualizado permite colocar dizeres diversos em comparação uns com os outros, e a análise do discurso explicita como se dá a produção de sentidos pelos sujeitos interlocutores (Orlandi, 2001) e pelas instituições (Krieg-Planque, 2018). Implica compreender como os sentidos são produzidos sob certas condições (Orlandi, 2012); relacionar diferentes formações ideológicas e discursivas; e, por último, produzir uma rede a partir da qual se possa compreender a constituição de dizeres e a formulação de sentidos (Guilhaumou e Maldidier, 2016a, 2016b).

Analisar as formações discursivas e ideológicas é crucial, pois elas auxiliam no entendimento de como um sujeito, em dadas condições de produção, constrói sentidos; além disso, o trânsito de enunciados de uma formação discursiva para outra faz com que as mesmas palavras usadas por diferentes sujeitos tenham sentidos diversos (Haroche *et al.*, 1971; Orlandi, 2012). As condições de produção dos discursos, ou seja, o “[...] *laço que une as ‘significações’ de um texto às condições sócio-históricas dele não é de modo algum secundário, mas sim constitutivo das próprias significações*”, são constitutivas dos sentidos, delimitadas em uma conjuntura (Haroche *et al.*, 1971, p. 98, [tradução dos autores]) e auxiliam na compreensão da emergência de dizeres que não

poderiam ser sequer formulados em outras condições sócio-históricas (Guilhaumou e Maldidier, 2016a, 2016b). É disso que decorre o fato de este estudo ter-se apoiado preliminarmente numa descrição histórica a respeito de como as populações circunvizinhas a ferrovias, focalizando o caso são-carlense, relacionavam-se com o sistema ferroviário emergente em meados do século XIX, mas, transcorrido um século e meio, passaram a conflitar com tal sistema, o que se expressa pelos discursos produzidos pelas partes tensionantes, entre outros elementos.

Área de estudo

Localizado na Região Central do Estado de São Paulo, Brasil, o município de São Carlos (fig. 1) é considerado de porte médio e reconhecido como a Capital Nacional da Tecnologia, através de uma norma federal (Lei nº 12.504, 2011). Esse título é um reconhecimento institucional, do Estado brasileiro, da profunda conexão da vida urbana com a geração de conhecimento científico e tecnológico, em especial no tocante a aplicações de ponta no campo das engenharias e áreas afins. Ao longo das últimas sete décadas, a cidade foi-se tornando um polo de inovações e de formação profissional de alto nível, visto que abriga um campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), dois campi da Universidade de São Paulo (USP) e duas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – a Embrapa Instrumentação e a Embrapa Pecuária Sudeste –, perfazendo uma comunidade de pesquisadores e estudantil universitária, de graduação e pós-graduação, de grande densidade

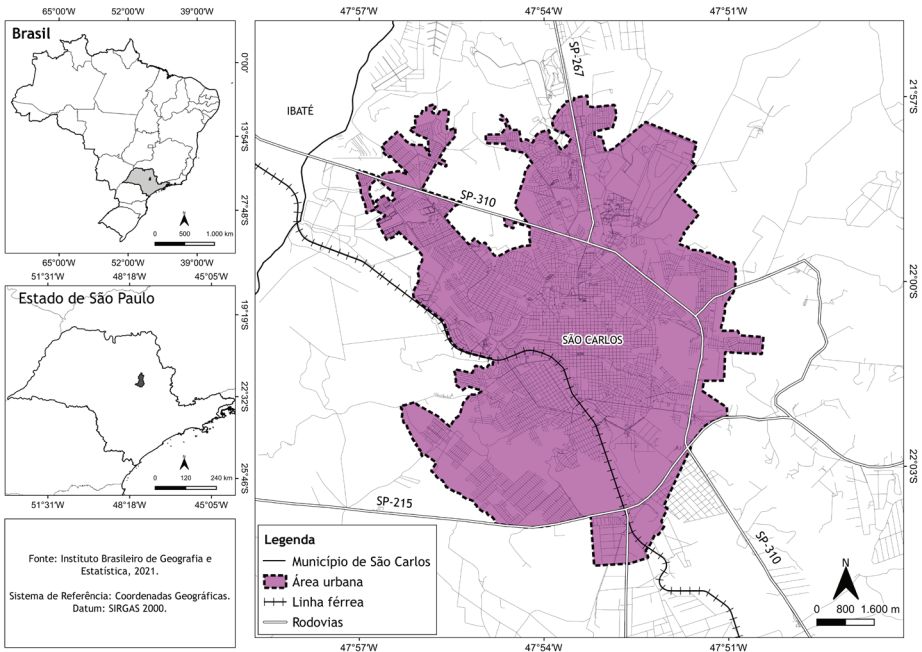


Fig. 1 - Localização de São Carlos (Elaborada por Karen Andressa Fernandes).
Fig. 1 - Location of São Carlos (Created by Karen Andressa Fernandes).

numérica e tendente à internacionalização, o que produz reflexos na configuração urbana, assaz mutante, desde os padrões de vida e consumo à mentalidade social. A fundação do município, em 1857, e seu posterior desenvolvimento estiveram ligados à expansão da lavoura cafeeira e à ferrovia (Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017), conectando-o, desde a sua raiz, com uma dinâmica econômica e social para além de suas fronteiras territoriais. Atualmente, tem uma população de 254.857 habitantes, um grau de urbanização de 96 % e a economia mais voltada para serviços, seguida de atividade industrial e agropecuária (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010, 2022).

Na zona urbana de São Carlos, no que concerne a soluções ininterruptas para fluxos de trens, pedestres e automóveis, foi verificado que há duas passagens de nível, três passagens de pedestres regulares, uma passagem de pedestre irregular e seis viadutos (fig. 2). Segundo o regulamento operacional da empresa investigada (MPF, 2013), a buzina deve ser acionada pelo maquinista para alertar pedestres e motoristas, a 200 metros antes da passagem de trem pelos seguintes locais: no interseção da ferrovia com o fluxo viário (quatro toques longos, sem duração especificada); ante demais edificações ou assentamentos urbanos (um toque curto, de um segundo);

quando o trem chegar à estação ferroviária ou dela partir; por fim, em casos que dificultem a visibilidade ou causem mais riscos de acidentes ferroviários. Também, há algumas placas que sinalizam a existência de passagens de nível a 500 metros (“PN” em amarelo) e que determinam o acionamento da buzina (200 metros antes de locais tidos como de maior risco). A partir de 2021, a ferrovia passou a ser cercada no trecho urbano, com muro e grade ao lado dos trilhos (fot. 1a e 1b).

Resultados e discussão

Contexto histórico da inauguração de ferrovias no século XIX e transição para o fluxo viário-urbano-industrial

Na segunda metade do século XIX, as cidades interioranas paulistas, cujos núcleos recém-constituídos eram incipientes, distavam da malha ferroviária, enquanto a estação ferroviária era um dos focos dinâmicos da sociabilidade urbana local. O ir e vir do transporte de mercadorias locais e passageiros incrementou e diversificou as trocas econômicas (por trens que chegavam ou partiam a destinos outros, de cidades circunvizinhas à capital, desta ao porto de Santos e, dali, ao exterior), bem como expressou uma interconexão socioeconômica jamais vista até então, muito celebrada



Fot. 1 - Placas indicando uma passagem de nível (a) e a necessidade de o maquinista acionar a buzina (b) (Fotografias de Karen Andressa Fernandes, tiradas no inverno de 2021).

Photo 1 - Signposts indicating a level crossing (a) and the need for the driver to sound the horn (b) (Photographs by Karen Andressa Fernandes, taken in the winter of 2021).

pela sociedade local. O apito do trem, que anunciava a sua aproximação da estação ferroviária, era motivo de exultação local, tanto porque trazia e levava provimentos e gentes para um mundo em expansão econômica, quanto porque resultava em aumento da riqueza ao setor produtivo e aos negócios correlatos. Dito de outra forma, o alerta sonoro, além de cumprir sua finalidade de segurança, anunciava que a cidade prosperava, alterava mentalidades e modos de sociabilidade, devido à sua integração econômico-demográfica com o resto do país e, particularmente, com a Europa, através de seu nexos com o sistema portuário de Santos.

Para entender melhor tal aspecto, cabe considerar que, antes que as ferrovias fossem construídas no Estado de São Paulo, o planalto paulista e seus núcleos urbanos eram isolados uns dos outros e do município de Santos, onde estava localizado um dos principais portos do país à época, fato que entravou o desenvolvimento e o crescimento demográfico regional interiorano paulista (de Matos, 1990). Em 1867, houve a inauguração da primeira ferrovia paulista — a São Paulo Railway Company, conhecida como Inglesa —, que ligou Santos a São Paulo e Jundiaí (Pinto, 1977). Construídas por capitalistas e homens públicos (de Matos, 1990) e vinculadas ao café, produto econômico em ascensão no século XIX, as ferrovias foram o principal componente do complexo cafeeiro e inseriram a economia de São Paulo no mercado mundial (Cano, 2007). Ademais, trens de passageiros transportaram milhares de pessoas, sendo a Companhia Mogiana de Estradas de Ferro e a Companhia Paulista de Estradas de Ferro as que tiveram um papel notável ao suprir essa demanda, inclusive viabilizando a ida de imigrantes, recém-desembarcados no porto de Santos, para os núcleos urbanos e rurais da cafeicultura emergente e de culturas a ela associadas (Holloway, 1984).

Graças à ampla malha de trilhos implantada nos rincões paulistas, à conexão interiorana com o porto de Santos e à substituição de tropas de mulas por vagões de trens (os quais ofereciam maior volume útil, segurança e eficiência no transporte e com menores custos e riscos de deterioração de carga em relação àquelas), houve aumento dos lucros (Holloway, 1984; Lapa, 1998; de Matos, 1990; Pinto, 1977; Silveira, 2007). Não por acaso, naquele contexto, a sonoridade provinda das ferrovias e os próprios empreendimentos que delas se valiam eram motivo de entusiasmo para as populações interioranas, direta ou indiretamente servidas pelo referido meio de transporte. Exemplos desse fenômeno eram as festividades, que chegavam a durar dias, relativas à inauguração de ferrovias. Multidões e pessoas importantes compareciam e discursos inflamados eram proferidos, tal como ocorreu quando da inauguração da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em 1872 (Pinto, 1977; Pozzer, 2015); da Companhia Ituana de Estradas de Ferro, em 1873

(de Matos, 1990; Pinto, 1977); da Companhia Rio Claro de Estradas de Ferro, que se estendia de Rio Claro a São Carlos, em 1884; e da Companhia Estrada de Ferro do Dourado, em 1900 (Gonçalves, 2018). Além disso, no Estado de São Paulo, as regiões são conhecidas pelo nome das primeiras companhias ferroviárias que as serviram (de Matos, 1990), fato que revela o simbolismo dos empreendimentos ferroviários para a formação das identidades sociais regionais.

Quanto à ferrovia no município de São Carlos, especificamente, com estas palavras foi descrita a inauguração, que foi comemorada pela população e pelas pessoas influentes da região:

“A 15 de Outubro desse anno [1884], inaugurou-se o trafego oficial da linha ferrea que liga S. Carlos a Rio Claro. O trem inaugural vinha lindamente ornamentado com folhagens, sentando-se á frente da locomotiva o conde do Pinhal e outras pessoas gradas.

Houve brilhantes festejos, sendo oferecido ás pessoas presentes um profuso copo d’água, na casa de comissões de Pedro Arribot, próxima á estação. Usaram da palavra, o conde do Pinhal, que proferiu entusiastico discurso, Ernesto Luiz Gonçalves e outros.

A Camara realizou uma sessão extraordinaria, para celebrar o auspicioso facto, e compareceu incorporada á solenidade”

(Castro, 1916-1917, p. 20-21).

O entusiasmo para com a inauguração da ferrovia em São Carlos e a deflagração de suas operações pode ser entendido a partir de cinco aspectos. Primeiro, o fato de essa ferrovia ser vinculada a um ideal de modernidade, assim como o foi em Campinas (Pozzer, 2015); a uma expectativa de melhorias urbanísticas e progresso socioeconômico, considerando o que era conhecido sobre a prosperidade de outras cidades que passaram a ter ferrovias (de Matos, 1990); e a uma nova percepção de espaço-tempo, mais amplo e veloz, capaz de atender às necessidades da época. Isso se entrelaça ao segundo aspecto, o de suplantação da relação de dependência de tropas de mulas — lentas e economicamente inviáveis a longas distâncias —, carroças e estradas precárias como únicas opções de deslocamento terrestre de pessoas e cargas (Lapa, 1998; de Matos, 1990; Pinto, 1977), permitindo, assim, que a economia local desse saltos de prosperidade através de uma nova visão sobre infraestruturas e serviços de transporte (Augusto, 1894/2007; Camargo, 1928/2007; Castro, 1916-1917). Por essas razões, a ferrovia passou a ser vinculada a uma ideia de desenvolvimento econômico e social, jamais visto até então, que era difundida nos almanaques que circulavam na cidade à época.

O terceiro aspecto, vinculado aos demais, é o da ticanhez da economia local antecedente ao café, baseada em venda de toucinho, gado e suíno (Augusto, 1894/2007). O binômio “café-ferrovia” transfigurou a dinâmica econômica são-carlense (Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017; de Matos, 1990), conectando-a aos passos pioneiros do capitalismo tardio do país e do Estado de São Paulo (Cano, 2007; de Mello, 1991). São Carlos passou a se atrelar ao complexo cafeeiro, amparado principalmente nas seguintes atividades: trabalho assalariado; formação de uma indústria voltada à produção de sacarias de juta, aquisição e operação de máquinas do café; expansão da área produzida e do nível de produtividade auferido; expansão da malha ferroviária e seus serviços; formação de uma indústria manufatureira emergente; e implementação de políticas de imigração, sobretudo de origem europeia, como força de trabalho rural e urbana (Bortolucci, 1991; Cano, 2007; Devescovi, 1987; de Mello, 1991). O advento do trabalho assalariado foi responsável por mudar as relações de trabalho escravistas para relações capitalistas de produção e dinamizar a economia regional, configurando um mercado interno em expansão, bem como por possibilitar a industrialização a partir de bens de consumo assalariado (Cano, 2007; de Mello, 1991). Reitera-se que o efeito mais notório deste complexo econômico sobre São Carlos foi o de interligar a cidade à capital paulista, a outras cidades interioranas e ao porto de Santos: isso permitiu escoar os produtos de exportação e do mercado interno, assim como receber produtos importados (Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017) e garantir melhores fluxos de pessoas entre as localidades, ampliando a sua sociabilidade (Castro, 1916-1917).

O quarto aspecto, em desdobramento da prosperidade econômica, foi o papel crucial da ferrovia em gerar novos vínculos sociais entre os membros da localidade e impulsionar o empreendedorismo comercial para os seus arredores. A estação ferroviária era movimentada (fot. 2), sobretudo após a inauguração de linha de bondes elétricos, em 1914, que trafegavam nas proximidades (Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017), e era palco de diversas celebrações, das de cunho religioso às de caráter político. Havia motivos frequentes para aglomerações no local, além de trens especiais providenciados para eventos importantes, como a visita de Dom Pedro II ou o traslado do corpo de figuras eminentes da política local para a capital (Camargo, 1928/2007; Castro, 1916-1917). A vida rural e urbana, por razões várias, tinha centralidade no sistema ferroviário, aqui entendido em seus três componentes: trens, trilhos e estação.

Por último, a ferrovia influenciou a dinâmica de expansão urbana (fig. 3). No início da urbanização de São Carlos, as edificações eram construídas num único aglomerado urbano, uma configuração socioespacial que começou



Fot. 2 - Movimentação na estação ferroviária de São Carlos em 1914, uma cidade sob modernização (Fonte: Acervo da Fundação Pró-Memória de São Carlos (n.d.-a)).

Photo 2 - Movement at São Carlos' train station in 1914, a city under modernization (Source: Acervo da Fundação Pró-Memória de São Carlos (n.d.-a)).



Fig. 3 - Recorte da planta da cidade de São Carlos em 1918: núcleos urbanos em expansão nas áreas circunvizinhas à ferrovia e à estação ferroviária (Fonte: adaptada de Mortati, 2014).

Fig. 3 - Clipping from São Carlos' city map in 1918: expanding urban centres in areas bordering the railway and railway station (Source: adapted from Mortati, 2014).

a mudar após a chegada da ferrovia, a qual suscitou a emergência de dois novos bairros, a Vila Prado e a Vila Isabel. Isso porque novos territórios eram necessários para a construção de moradias de ferroviários e operários industriais, instalação de armazéns, estabelecimentos comerciais e industriais, além de hotéis à beira da estação para a hospedagem de recém-chegados circunstanciais ou frequentes (Bortolucci, 1991; Devescovi, 1987; Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017).

Se, naquele contexto, a dinâmica ferroviária-urbana-rural assentada sobre o complexo cafeeiro era auspiciosa, tal dinâmica transmutou-se a partir de meados do século XX, quando passou a basear-se no fluxo viário automotivo-urbano-industrial em décadas mais recentes. A partir de 1940, as ferrovias pouco se expandiram no

Estado de São Paulo, muitos trechos foram desativados (de Matos, 1990) e os serviços foram reestruturados (Nunes, 2021). Foi a partir de meados da década seguinte que as autoridades constituídas voltaram a sua atenção para um novo modelo de desenvolvimento urbano-industrial, impulsionado pelo transporte rodoviário, e definiram uma nova composição de interesses entre investimentos públicos e privados, para fomentar novos infrassistemas e meios de transportes correspondentes (de Matos, 1990; Nunes, 2021).

Tal reorientação na política de transportes de cargas e de pessoas redefiniu desde os eixos territoriais destinados à viabilização, ao incremento e à expansão dos fluxos rodoviários até o incentivo às inovações tecnológicas automotivas de base nacional. Em correspondência à opção automotiva emergente, as ferrovias brasileiras foram estatizadas, de 1950 a 1990, e, logo após, passaram a ser privatizadas, de modo que o Estado brasileiro deixou de prestar esse serviço de transporte e passou apenas a regular a gestão das empresas que o ofereciam (Nunes, 2021). Sob uma forma de gerenciamento ou outra, estiveram destinadas ao descaso. Já se registravam então, em 1950, corte de custos, mudanças na oferta de serviços e fechamento ou demolição de estações ferroviárias, ao mesmo tempo que *“em linhas mais novas ainda havia festa quando o trem chegava inaugurando a estação”* (Giesbrecht, 2017, p. 49). Isso permite apontar que, de modo concomitante aos investimentos intensivos no setor rodoviário, a relação topofílica de núcleos urbanos para com o sistema ferroviário, que se implantava nas cidades paulistas, permaneceu por algum tempo, enquanto existia conexão entre ferrovias e atividades socioeconômicas locais.

Em São Carlos, em específico, em 1917 já se associava a ferrovia ao desenvolvimento local, e a atividade agrícola ainda era baseada no café, mas começava a haver a produção de outros gêneros (como milho, arroz e açúcar) e de aguardente, além da atividade pecuária (Castro, 1916-1917). Em 1927, o comércio e a indústria eram atividades vistas como promissoras e a cidade foi retratada como *“uma cidade industrial porque produz para o consumo e para exportação”*, ao passo que a terra para plantio passa a ser vista como algo que não mais atenderia às expectativas de seus habitantes (de Mello, 1927/2007).

Tanto a cidade como as fazendas foram-se modernizando, graças à implementação de diversos serviços tidos como modernos (serviço de transporte em bondes elétricos, suprimento de energia elétrica e canalização de água potável, por exemplo) (Castro, 1916-1917). Embora, nos almanaques, constassem as principais fazendas e os principais fazendeiros produtores de café até 1927, naquele ano mensuraram também o número de automóveis presentes na cidade (de Mello, 1927/2007).

Tais informações foram ainda mais detalhadas no almanaque do ano seguinte, em cujo texto constavam, pela primeira vez, as estradas de rodagem e o nome dos proprietários de prédios do município (Camargo, 1928/2007), o que veio a substituir a menção às fazendas cafeicultoras e seus proprietários. São Carlos começou a ter sua economia mais ligada ao setor industrial a partir do final da década de 1930, passando a ser uma cidade eminentemente de base industrial a partir da década de 1940 (Devescovi, 1987). Muitos imigrantes, em gerações sucessivas, buscaram postos na indústria e no comércio nascentes na zona urbana do município e não mais apenas na atividade rural, e a população urbana foi maior que a rural pela primeira vez, acima de 50 %, em 1950, devido ao início da crise do café, à migração de pessoas do campo para a cidade e à migração regional (Devescovi, 1987).

É nesse contexto que importa compreender que o aumento dos investimentos no setor industrial, derivados do complexo cafeeiro-ferroviário, foi aquilo mesmo que produziu uma dinâmica urbano-industrial são-carlense pulsante, flexível o suficiente para incorporar novos estímulos de investimentos e oportunidades, predispondo-a a se integrar a novos saltos tecnológicos (Devescovi, 1987). Nos anos de 1920, já havia indícios dessa transição. O advento do transporte rodoviário, ao qual a sociedade são-carlense se rendeu, está indicado desde o almanaque de 1928 (Camargo, 1928/2007), em que começaram a aparecer muitos anúncios de hotéis com garagem para carros, aluguel de garagem, lavagem e aluguel de veículos automotivos (fig. 4), o que demonstra o surgimento de serviços e comodidades vinculadas ao setor rodoviário. Além disso, o registro feito da visita do Presidente Juscelino Kubitschek, em 1957, por meio de uma imagem histórica (fot. 3), revela que aquele papel de receber pessoas importantes e congregar multidões não mais cabia à ferrovia, aos trens nem à estação ferroviária, mas sim ao veículo automotivo. Decisivo para essa transição foi o fim do transporte ferroviário de passageiros, jornais e mercadorias ligados ao cotidiano da população. O transporte de passageiros em São Carlos sucumbiu em 2001, após a ferrovia ser privatizada (Fundação Pró-Memória de São Carlos, 2017). Num cenário mais geral, para o contexto paulista interiorano, foi descrito que usuários de trens estavam descontentes com tal serviço, que passou a ter atrasos e a deixar de oferecer comodidades para seus usuários (Giesbrecht, 2017).

Em razão de tantas metamorfoses ocorridas, compreende-se que o sistema ferroviário naquela localidade tornou-se uma rugosidade (Santos, 2008), isto é, um compósito de objetos e fluxos territorializados anacrônicos que precisa ser ressignificado ou modificado pela nova ordem socioespacial do local onde se insere, a fim de amortecer a sua disfuncionalidade. Daí a ferrovia — com seu sistema articulado, constante e circunstancial, de trilhos, trens, fluxos e dispositivos



Fig. 4 - Um dos anúncios vinculados à ascensão do transporte automotivo na cidade de São Carlos (Fonte: Camargo, 1928/2007).

Fig. 4 - One of the ads linked to the rise of automotive transport in the city of São Carlos (Source: Camargo, 1928/2007).



Fot. 3 - Visita do Presidente Juscelino Kubitschek a São Carlos, em 1957, na comemoração centenária (Fonte: Acervo da Fundação Pró-Memória de São Carlos (n.d.-b)).

Photo 3 - Visit of President Juscelino Kubitschek to São Carlos in 1957, for the centenary commemoration (Source: Acervo da Fundação Pró-Memória de São Carlos (n.d.-b)).

sonoros — ter-se tornado uma expressão paisagística, territorial e sonora que é desencaixada da nova dinâmica urbana são-carlense e, em decorrência, incômoda para um segmento da população. Trata-se não apenas de expressão da inconciliação entre os tráfegos ferroviários e automotivos, que se encontram hoje sobrepostos e com precedência do primeiro em relação ao outro, mas também de uma coexistência que submete alguns pressupostos hodiernos relativos ao bem-estar humano, no que toca a ritmos de trânsito de veículos terrestres e necessidades de descanso dos cidadãos, àqueles de um tempo antecedente (Iossifova *et al.*, 2020, 2022).

Os elementos elencados sinalizam substantivas razões socioeconômicas para a dissolução do entusiasmo da

população são-carlense para com a ferrovia. De igual modo, também eles podem indicar os atuais incômodos relacionados à ferrovia no município, principalmente aqueles ligados ao incômodo sonoro, explorado em seguida.

Mudanças socioespaciais que culminaram no incômodo sonoro sentido por moradores e na instauração de um inquérito civil

As cidades brasileiras são dinâmicas em sua configuração socioespacial, fruto de um processo de modernização no qual a presença, a ausência ou o modo de configuração territorial dos infrassistemas de transportes contribuem, de forma positiva ou negativa, para a qualidade de vida dos cidadãos. É sobre seu cotidiano e modo de vida que recaem os efeitos tanto da implantação quanto do funcionamento de tais sistemas, os quais produzem conexões por vezes benéficas, noutras tensionantes, com a dinâmica corriqueira e mutante da sociabilidade local, o que inclui a percepção coletiva acerca dos atributos ambientais do lugar.

Havendo uma curva demográfica ascensional e expansão da zona urbana, processo nomeado como dispersão urbana ou espraiamento urbano — que está relacionado com “as mudanças na vida cotidiana e as representações do risco social inerentes a essas mudanças” (Ojima, 2007, p. 298) —, ressentimentos sociais podem ser suscitados quanto a eventuais obstruções que velhas ou novas vias de acesso venham a causar no tráfego de veículos e quanto a efeitos de poluição sonora correspondentes. Na dinâmica são-carlense contemporânea, uma tripla circunstância se interpôs na conversão do som ferroviário de um polo social local favorável a outro, de caráter adverso, a saber: o crescimento demográfico, a expansão da mancha urbana e a mudança do padrão de transporte local e regional. Essa tripla circunstância resultou em maior número de pessoas expostas a fontes sonoras ferroviárias e incidiu sobre a alteração de atributos que a sociedade local passou a dar a tal paisagem sonora.

Quanto ao crescimento demográfico, a população urbana passou de 20.791, em 1934 (Maeyama, 1975, conforme citado em Devescovi, 1987), para 213.061 habitantes, em 2010 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). Isso se deu através da expansão da mancha urbana, incorporando áreas rurais tais como as circunvizinhas ao sistema ferroviário. Ademais, um processo intenso de verticalização urbana foi deflagrado nas últimas décadas, adensando a população exposta a tais sons e sujeitando-a a interrupções em sua rotina devido ao tráfego de trens de carga. De acordo com o Plano Diretor de São Carlos (Lei n.º 18.053, 2016), é previsto o aumento populacional em áreas próximas à ferrovia, o que pode gerar mais riscos de acidentes, portanto maior necessidade de acionamento da buzina para reduzi-los e consequente ampliação do incômodo sonoro.

Ao mesmo tempo, investimentos em ferrovias estão sendo retomados no cenário brasileiro, cujo produto pode ser o maior tráfego de trens diários, exposição a sons e outros riscos, fenômeno que poderá causar ainda mais tensionamentos no futuro.

O anúncio sonoro da aproximação de trens, que se destacava de forma alvissareira na paisagem sonora até meados do século XX, posto que refletia as necessidades econômicas e sociais locais, deixou de fazê-lo paulatinamente, provocando sensações de estranhamento nas circunvizinhanças e redundando em incômodo coletivo. Os trens que passaram a circular na zona urbana são-carlense têm, como finalidade exclusiva, o transporte de carga de mercadorias doutras regiões; são, portanto, desconectados da dinâmica social e econômica de São Carlos. Para a população local, o vai e vem das imensas composições ferroviárias, com dezenas de vagões que de maneira lenta percorrem o tecido urbano cindido, indica que outras dinâmicas territoriais, alheias a interesses locais, subvertem aquela a que os cidadãos são-carlenses ora aspiram. Quando a buzina é acionada, o trem que trafega naquele trecho ferroviário não apenas anuncia mandatórias descontinuidades dos fluxos de veículos e de pessoas, subtraindo da localidade sua autonomia de circulação, mas também subtrai o tempo dos cidadãos, daqueles que ficam em situação de espera enquanto um extenso comboio, por vezes em ritmo lento, trafega à sua frente. Pode-se depreender que trilhos e trens passaram, assim, a ser considerados como fraturas territoriais, fixas e móveis, na mancha urbana, um anacronismo a deteriorar tanto a paisagem sonora quanto os fluxos endógenos de tráfego terrestre, incidindo numa redução do bem-estar coletivo na referida cidade.

Tais circunstâncias induziram que uma parte da população se organizasse para buscar dispositivos legais que, ao menos, a protegesse da sonoridade incômoda oriunda do acionamento da buzina e do tráfego de trens no período noturno, tempo majoritariamente dedicado ao repouso humano e animal. Muitos moradores incomodados — alguns dos quais, inclusive, motivados pelo incômodo sonoro causado a seus bebês, entes familiares idosos, enfermos ou animais de que são tutores — relataram ter o sono interrompido pelo tráfego de trens, que por vezes ocorre a cada três horas, e despertar sobressaltados devido ao acionamento, abrupto e intenso, da buzina, o que os levou, entre outras razões, a encaminhar representações ao MPF por meio do inquérito civil (MPF, 2013). Além da interrupção do sono, gera incômodo aos que se ocupam, no período da noite, de alguma atividade de trabalho, estudo ou relaxamento (assistir a um programa televisivo ou escutar música, por exemplo). Durante o período diurno, tais interrupções, como em conversas presenciais ou virtuais, estudos e

afins, são também desagradáveis. Essa perturbação do sossego público produz um escalonamento dos efeitos estressantes, incidindo sobre a perda extensiva da qualidade de vida, isto é, em todos os períodos do dia e em várias dimensões da vida cotidiana da coletividade afetada. No que concerne ao acionamento da buzina, moradores relatam a ausência de padronização quanto à duração, frequência e intensidade sonora, prática técnica não raras vezes descrita por eles como abusiva ou excessiva, com intensidade sonora mais alta do que o necessário para alertar outros eventuais tráfegos ao redor dos trilhos. Daí terem reivindicado, perante o MPF de São Carlos, a proteção do direito ao sossego, ao descanso e ao silêncio.

Devido às reclamações supracitadas, esse órgão institucionalizou o conflito para investigar se ocorre dano ambiental ou poluição sonora causada por atividades ferroviárias (MPF, 2013). No inquérito civil (MPF, 2013), havia cerca de 40 representações, a maioria das quais foi encaminhada por cidadãos são-carlenses (até 3 de março de 2021, última data que o documento foi consultado), sendo que 75 % delas foram encaminhadas a partir de 2018. A primeira representação foi feita por um morador no ano de 2010, residente nas proximidades da ferrovia desde 1993. O MPF entendeu ser sua função proteger a qualidade ambiental que outros passaram a lhe reivindicar e institucionalizou o conflito em 2013, quando houve uma mobilização coletiva através do primeiro abaixo-assinado, feito por 149 moradores de Ibaté, um município paulista vizinho. Em 2014 e 2019, 68 e 109 cidadãos são-carlenses, nessa ordem, mobilizaram-se na mesma direção. Em 2019, também houve mobilização por meio virtual, através da organização de um abaixo-assinado *on-line*, o qual contou com a participação de munícipes de outras cidades e resultou em 1.921 assinaturas. Mais de 2.000 pessoas, portanto, começaram a se mobilizar devido ao incômodo sonoro, fosse por sofrerem com ele diretamente, fosse por se solidarizarem com o problema ocorrido em São Carlos.

O MPF é uma instituição legítima para atuar no conflito, dado que este diz respeito à concessão de serviço de transporte ferroviário (cujo interesse é federal) e que não foi resolvido por outros órgãos públicos nem pela empresa concessionária da ferrovia. Dentre as funções e competências do MPF no caso em tela, destacam-se: cabe-lhe defender direitos e interesses difusos; pode instaurar inquérito civil para apurar os fatos e deve presidi-lo; ao fazê-lo, pode acionar instituições públicas ou privadas e solicitar informações e ações delas; pode estabelecer medidas extrajudiciais, ajuizar ação civil pública ou, se constatado que não há irregularidades, arquivar o inquérito civil (Milaré, 2018). De tais representações, funções e poderes decorre o fato de o órgão ter solicitado algumas informações e medidas mitigadoras de ruído à

empresa concessionária da ferrovia e algumas informações a dois órgãos ambientais públicos, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), bem como a duas instituições que regulam os transportes no país, a ANTT e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (MPF, 2013).

A despeito de o ordenamento jurídico brasileiro prever a proteção contra a emissão sonora que seja prejudicial à saúde, ao bem-estar e à segurança da população (Milaré, 2018), o som emitido pelo tráfego de trens e pelo acionamento da buzina ainda não é regulado. É nesse sentido que a criação de instituições (órgãos ambientais e Ministérios Públicos) e de dispositivos legais (como as normas e o próprio inquérito civil), para proteger a população contra emissões sonoras, poder ser vista como um avanço, já que, antes disso, os impactos socioambientais não eram sequer avaliados na implantação e operação de ferrovias. Não por acaso, o MPF ancora sua argumentação nas principais normas que tratam, de forma direta ou indireta, da proteção ambiental — a saber, a Constituição da República Federativa do Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente e a Resolução Conama n.º 001 de 1990 —, a fim de subsidiar o andamento das investigações do inquérito civil e eventual acordo com a empresa ou a responsabilização dela.

No caso do município de São Carlos, a primeira lei para regular a emissão de sons no ambiente foi a de n.º 12.140/1999, promulgada perto da virada para o século XXI e revogada pela lei n.º 13.768/2006, sendo esta última alterada pela lei n.º 14.515/2008. Se o decreto n.º 130/2010, que regulamentava a lei n.º 13.768/2006, dispensou a passagem de trens (artigo 13, inciso VIII) como evento passível de aplicação, o cenário mudou. Isso porque a lei n.º 19.733 (2020) foi publicada justamente para regular a emissão sonora causada tanto pelo tráfego de trens (exigiu que fossem respeitados os limites sonoros estabelecidos pela ABNT NBR 10151) quanto pelo acionamento da buzina (proibiu que seja acionada no período entre 10 PM e 6 AM, até que os dispositivos de segurança sejam modernizados, e, para casos excepcionais de “risco concreto à vida de pessoas e animais”, exigiu que maquinistas passassem a justificar, por meio de relatório, as circunstância em que a buzina precisasse ser acionada à noite).

As mudanças revelam um processo emergente e mais robusto em relação ao enquadramento normativo da atividade ferroviária, incitando, desde as pressões externas, a reflexividade operacional do setor em prol do bem-estar cidadão. Entretanto, a última norma criada pelo município, fruto de uma articulação entre o MPF e o Poder Legislativo de São Carlos em 2020 (MPF, 2013, doc. 107, p. 4), perdeu eficácia, pois o Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (TJSP) concedeu liminar à empresa,

entendendo-a como inconstitucional e como um potencial risco à segurança e à vida (Redação São Carlos Agora, 2021). O MPF e o Ministério Público do Estado de São Paulo (MPSP), por sua vez, trabalharam juntos na divulgação de um questionário sobre o incômodo sonoro e no pedido para que a população participasse dele (Moraes, 2022), com o objetivo de coletar maior volume de informações para embasar medidas posteriores e dirimir controvérsias.

Convém pensar no conflito e nas mudanças normativas subjacentes como a expressão de uma fobia sonora, conceito cunhado por Schafer (2011) para se referir a sons que são tidos como um incômodo assaz intenso para dada coletividade, a ponto de ela mobilizar esforços estratégicos para desencadear reações orientadas não para o sujeito ou objeto ruidoso, mas sim para as estruturas legais que o permitem ou toleram. Nesse sentido, “[...] *estatutos antirruido não são criados arbitrariamente pelos indivíduos; são inventados pelas sociedades [...], eles podem ser interpretados para revelar diferentes atitudes culturais em relação às fobias sonoras*” (Schafer, 2011, p. 276). Tais elementos demonstram que o processo histórico-cultural transmutou os sentidos do som ferroviário: era um fator de entusiasmo (som topofílico), o qual passou a ser incomodativo (som topofóbico) na atual paisagem sonora, além de servir como alerta sonoro.

O desafio, conforme apontado, é que o consenso das instituições públicas que normatizam, fiscalizam e julgam as ações tem sido de difícil equacionamento. Mesmo os órgãos ambientais, no inquérito civil, mostraram-se propensos a tomar o alerta sonoro como uma essencial medida de segurança, o que é reforçado pela decisão da justiça estadual, aqui entendida como um bloqueio aos esforços dos agentes orientados pela lei municipal, esta última mais dedicada à garantia do bem-estar local. Mas, em um movimento de coalizão, os Poderes Legislativo e Executivo de São Carlos, o MPF e o MPSP uniram-se ao segmento incomodado da população são-carlense para contestar a prática precaucional da empresa concessionária da ferrovia.

Novas classes de riscos surgem com as metamorfoses urbanas e suscitam novas normatividades. Muitas destas reafirmam a política da invisibilidade de grupos sociais mais vulneráveis, sem lhes permitir protagonismo algum no processo de elaboração de estratégias protetivas que serão institucionalizadas visando ao seu bem-estar. Com isso, as relações de definição do problema e os meios para manejá-lo escapam do controle do público-alvo. E, não raro, tais normatividades são reticentes em reconhecer que os produtores de bens para um dado meio social de outrora possam ter-se convertido em produtores de males, o que esvazia a efetividade dos mecanismos de compensação que porventura sejam aventados para atenuar ou eliminar as

nocividades que possam vir a praticar (Beck, 2018). Em outros termos, os padrões normativos deixam escapar responsabilizações por um ambiente que tal produtor venha a deteriorar (Beck, 2018).

A possibilidade de redefinir riscos, responsabilidades, práticas e técnicas através de embates sociais (Beck, 2016) viabiliza que a prática precaucional da empresa, graças à emergência de direitos ambientais, de instituições para defendê-los, de mobilização social e de divulgação do conflito pela imprensa local, possa hoje ser questionada e, talvez, reformulada no futuro. A capacidade de autorreflexão, característica da modernidade reflexiva e da sociedade de risco (Beck, 2012; Giddens, 2012), possibilitará que eclodam novas orientações sociotécnicas desse tipo de conflito. Reflexividade institucional é aqui entendida como a predisposição das organizações públicas e privadas de examinar seus equívocos e limitações para superá-los, seja por meio de novos enquadramentos normativos de condutas coletivas e procedimentos operacionais a serem empregados, seja por meio de estímulos a inovações técnicas para vencer os óbices identificados, num ambiente organizacional de *accountability* (Beck, 2011; Giddens, 1991).

No caso brasileiro, subsistem reflexividades institucionais aparentes, mais do que efetivas, e mentalidades institucionais recalcitrantes em seu descolamento das demandas sociais legítimas. Quanto à buzina de trem, a despeito de ser um alerta antecipado até certo ponto bem-sucedido enquanto medida precaucional, já que contribui para a redução de riscos de acidentes envolvendo o tráfego de trens, é também um dispositivo técnico incitador de novos riscos, que depõem contra a qualidade de vida dos que são recorrentemente expostos a altos níveis sonoros. Sob a perspectiva deste estudo, convém considerá-la como um dispositivo de alerta que incorpora a ambivalência inerente às instituições e aos equipamentos da modernidade reflexiva (Beck, 2012), ao mesmo tempo que traduz as assimetrias de poder entre os sujeitos que reivindicam direitos e aqueles que parametrizam a convivência social. Há desafios intrínsecos à baixa reflexividade institucional, tais como o entrecruzamento de riscos: instituições privadas, de poder concentrado, têm dificuldade em reconhecê-los no âmbito de suas práticas organizacionais e operacionais. Disso decorrem as limitações para gerenciá-los e resistências para abrir pontos de acesso a reivindicações e contradições, isto é, criar espaços para dialogar com a população afetada pelos efeitos colaterais que suas atividades provocam e submeter-se a melhores preceitos de convivência recomendados por instituições públicas (Valencio *et al.*, 2004).

O caso de São Carlos explicita a ocorrência de uma considerável disputa interpretativa relativa a riscos,

devido à dificuldade institucional de exigir medidas mitigadoras, reparadoras ou compensatórias contra os potenciais danos ambientais causados pela emissão sonora da atividade ferroviária. Num contexto em que há diferentes classes de riscos, é importante compreender como instituições e moradores significam o som ferroviário, em especial o da buzina, assunto tratado na próxima subseção.

Significação da buzina por meio do discurso dos sujeitos e instituições envolvidos no conflito

Os sons que foram outrora celebrados – descritos como “[...] o apito longo e afinado da locomotiva ecoando pelas invernadas afora são lembranças que naus deixarão de povoar as mentes daqueles que experimentaram a vivência dessas viagens, de tempos remotos, nos trens do passado” (Gonçalves, 2000 ou 2001, p. 7) por um escritor que residiu na cidade –, hoje viraram alvo de reclamações relativas ao incômodo sonoro por uma parcela da população são-carlense. Em contraposição ao excerto anterior, ressalta-se um trecho de uma representação encaminhada ao MPF em 2019: “Não estamos mais nos séculos passados e é dever das empresas de carga se adaptarem a vida moderna, tendo a consciência que há uma cidade ao entorno dos seus trilhos e que deveria ser exercido o bom senso” (MPF, 2013, doc. 69, p. 1). Ambos os trechos denotam mudanças nas condições de produção dos discursos e nos efeitos de sentido produzidos pelos dizeres dos sujeitos.

Por meio da análise do discurso, identificou-se que os sujeitos envolvidos no conflito nomeiam a buzina de trens de forma diferente: para operadores do sistema perito ferroviário e instituições a ele vinculadas (que regulam suas atividades), som/ruído/barulho/apito/buzina remete a alerta sonoro/aviso sonoro/sinal sonoro/alerta acústico/aviso acústico/sinalizador sonoro para prevenir/evitar acidentes/garantir a segurança da operação ferroviária/da população. Uma das principais normas federais que regulam a atividade ferroviária exige a adoção de medidas de segurança visando à redução de acidentes (SD 1), sendo a buzina entendida como uma sinalização acústica/advertência (SD 2) pela norma que estabelece os requisitos gerais da buzina de locomotivas. Para a empresa concessionária da ferrovia, de igual maneira, buzina/aviso sonoro/alerta sonoro remete à segurança contra condições de risco de acidentes (SDs 3 e 4), conforme se apresenta a seguir (QUADRO I), retomando o conceito de sinal sonoro/aviso acústico de Schafer (2011).

Tais SDs apontam para a conformação de um efeito de sentido e de evidência que sujeita essas instituições a significarem a buzina como uma medida de alerta indispensável para conter riscos de acidentes. É

QUADRO I - Buzina de trem significada como dispositivo de segurança da operação ferroviária e da população.

TABLE I - Train horn taken as a safety device for the railway operation and the people.

[SD 1] “DA SEGURANÇA

Art. 54. A *Administração Ferroviária* [instituição que constrói, opera ou explora ferrovia em dado local] adotará as *medidas de natureza técnica, administrativa, de segurança e educativa destinadas a:*

[...]

IV - *prevenir acidentes;*

[...]

Art. 56. *Em caso de conflito ou acidente, havendo vítima, o responsável pela segurança é obrigado a, de imediato, providenciar o socorro às vítimas e dar conhecimento do fato à autoridade policial competente*” (Decreto n.º 1.832, 1996).

[SD 2] “*dispositivo de sinalização acústica, utilizado em veículos ferroviários de tração própria, destinado a produzir som, para efeito de advertência*” (ABNT, 2016, p. 1).

[SD 3, ofício encaminhado pela empresa investigada ao MPF em 2018] “*Ainda, os avisos sonoros são destinados a segurança da população, e em geral e da operação ferroviária. Trata-se de ação imprescindível para que não ocorram acidentes*” (MPF, 2013, f. 146).

[SD 4, regulamento operacional da empresa investigada] “3.4.5.2 *Toques de buzina*

a. Um toque longo.

- *Aviso de que o trem vai se movimentar.* Essa buzina deve ser utilizada na primeira movimentação após qualquer parada superior a 30 minutos;

- *A uma distância de 200 metros de túneis, pontes e viadutos, ou ao avistar pessoas na via ou qualquer outra condição de alerta.*

[...]

- *Ao se aproximar de trabalhadores na via, a não menos de 200 metros, podendo ser repetido em caso de necessidade de alerta*” (MPF, 2013, f. 260).

um discurso institucional que não se amarra apenas a normas, mas também à rememoração de graves acidentes ferroviários ocorridos — por exemplo, a manchete “*Acidente com trem cargueiro completa 53 anos*”, descrevendo-o como “*o maior desastre ferroviário em perímetro urbano da história de Sorocaba*” (Mantuan, 2017). Amarra-se, de igual modo, a antigos regulamentos operacionais do setor, como reportou documentalmente uma das empresas que foi responsável pelo tráfego de trens em São Carlos, segundo a qual: “*A segurança da circulação dos trens e manobra depende da estrita observância dos sinais, o que é para todos um dever imperioso*”, sendo o apito de locomotivas um dos sinais acústicos utilizados à época, nos idos da década de 1940 (Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1945, p. 24).

A despeito do incômodo sonoro que o acionamento da buzina de trem causa, existem normas de segurança e de normalidade do tráfego a que empresas concessionárias de ferrovias devem atender. E, para lidar com os riscos de acidentes, sobretudo o de colisão com outros veículos ou atropelamentos, uma das principais medidas entendidas como essencial é o acionamento da buzina. O dispositivo de alerta sonoro é tido como tão importante que até mesmo a saída de uma composição ferroviária cuja buzina não esteja funcionando é proibida.

Tal compreensão coincide não apenas com a de instituições que regulam suas atividades direta (SD 5) ou indiretamente (SD 6), mas também com a de instituições ambientais brasileiras (SDs 7 e 8) (QUADRO II). Isso reforça o caráter conflitivo com as comunidades circunvizinhas à malha ferroviária são-carlense.

Estas remetem som/barulho/ruído/buzina/apito à perturbação do sossego/descanso/silêncio (QUADRO III), àquilo que entendem ser uma violação a seu direito ambiental ao descanso, sossego, silêncio e, em consequência, a sua saúde e qualidade de vida (SDs 9 a 13). Isso significa que, para tais sujeitos, a buzina está vinculada à ideia de perturbação/incômodo/desconforto/desassossego. Ainda que reconheçam a necessidade de medidas precaucionais, rechaçam a que foi institucionalizada e normalizada por agentes públicos e privados. Outro ponto recorrente nas representações presentes no inquérito civil (MPF, 2013) é o fato de o tráfego de trens ocorrer em todos os períodos do dia, ser mais frequente do que no passado e interromper o sono dos cidadãos. Além disso, algumas representações, encaminhadas a partir de 2020, começaram a citar a existência de estudos científicos — “*estudos científicos já comprovam que a poluição sonora traz sérios prejuízos à saúde, como ansiedade e insônia*” (MPF, 2013, doc. 86, p. 2) — e de normas, bem como a encaminhar reportagens para o MPF, isto é, foram-se amparando em dizeres das mídias, da ciência e das normas que, em tese, protegem o ambiente sonoro.

O MPF é a instituição que tem atribuições e repertório para interpretar o som/ruído/barulho ferroviário como dano ambiental ou como poluição sonora. O ponto-chave é que essa instituição é reconhecida, por brasileiros e operadores do Direito Ambiental, por ter uma atuação vinculada à defesa do meio ambiente e dos interesses difusos (Milaré, 2018), de modo que seus dizeres, a seguir (QUADRO IV), refletem as reivindicações do segmento incomodado da população são-carlense. Vincula, pois, som/ruído/barulho ferroviário/buzina/

QUADRO II - Buzina de trem significada como dispositivo de segurança por instituições reguladoras.

TABLE II - Train horn taken as a safety device by regulatory institutions.

- [SD 5, ofício da ANTT encaminhado ao MPF em 2019] “Quanto às providências da ANTT em relação às denúncias de *Poliuição Sonora causada por buzina*, ressaltando, primeiramente, que a ANTT não dispõe de equipamento e nem de técnicos habilitados para inspecionar a *poluição sonora oriunda da buzina ou da operação dos trens*, posto que tais funções extrapolam as competências desta Agência. Cumpre observar, ainda, que a *utilização dos apitos é essencial para a segurança das operações ferroviárias e, principalmente, das comunidades lindeiras às vias férreas*. [...]. Importa considerar, sobretudo, que *nenhuma norma visando diminuir a ‘poluição sonora’, pode sobrepor-se às preocupações e cuidados com a segurança das vidas humanas que transpõem a ferrovia. As Passagens em Nível urbana exigem vários apitos em sequência, para alertar pessoas que possam estar caminhando ao lado dos trilhos, sobre a via férrea, ou que necessitem cruzar a ferrovia*” (MPF, 2013, f. 242).
- [SD 6, norma para medir e avaliar o som ferroviário] “Esta Parte da ABNT NBR 16425 *não se aplica a:*
[...]
– *medição dos níveis de pressão sonora de sinalizadores sonoros e dispositivos de segurança*” (ABNT, 2020, p. 1).
- [SD 7, relatório elaborado pela Cetesb e enviado ao MPF em 2018] “No cálculo do *nível sonoro equivalente* de passagem de composições *não foi considerado* o nível de ruído gerado pela buzina, uma vez que a *buzina* é utilizada para situações que envolvem a *segurança das composições e dos transeuntes nas Passagem em Nível*” (MPF, 2013, f. 108).
- [SD 8, ofício do Ibama enviado ao MPF em 2019] “No que se refere a *normas ambientais relacionadas a poluição sonora*, conquanto a Resolução CONAMA n.º 01/90 faça referência à NBR 10.151:2000 - *Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade para a emissão de ruídos* ‘decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas’, salienta-se que a utilização de *sinalização sonora* é requisitada pelo item 10.7 da NBR 15.680:2017 - *Via férrea - Travessia rodoviária - Passagem em nível pública - Requisitos de projeto*, conforme segue: ‘A ferrovia deve instalar e manter placas indicativas de ‘PN’ [passagem de nível] e ‘Apito’ nas imediações das passagens em nível, localizadas a uma distância que permita o acionamento da buzina ou de outra sinalização sonora, para alertar pedestres e motoristas sobre o início de movimentação e/ou de aproximação de composições ferroviárias das passagens em nível’” (MPF, 2013, f. 244).

QUADRO III - Buzina de trem significada como incômodo sonoro por sujeitos que moram próximos à ferrovia.

TABLE III - Train horn taken as a noise nuisance by subjects who live close to the railway.

- [SD 10] “Quando os trens passam apitam tanto que se estiver conversando tem que parar de falar. [...] *não dá para dormir direito* [...]. *Durmo mal acordo cansada* todas as manhãs, *não aguento mais. Preciso de ajuda*” (MPF, 2013, f. 18).
- [SD 11] “*Incômodo e desassossego causado pelos apitos do trem* no período noturno e diurno, sofrendo com o *incômodo do meu bebê, que acorda todas as vezes que o trem passa* mais ou menos de 3 em 3 horas” (MPF, 2013, f. 20).
- [SD 12] “*Trens de carga* [...] tem trazido *grandes transtornos à população* [...] devido ao *som de sua buzinas extremamente altas* que se espalham brutalmente nos entornos. Sem entender a razão, estes *trens ultimamente tem transitado em maior volume*, principalmente durante as noites de madrugadas, interruptamente. Está *difícil dormir e ter direito ao descanso* após um dia de trabalho exausto” (MPF, 2013, f. 170).
- [SD 13] “O *barulho do apito do trem durante toda manhã, tarde, noite e madrugada, são inadmissíveis e atentam contra a saúde pública da população*. Além de *transgredirem a lei que limita os níveis de ruído suportáveis e permitidos à manutenção da boa qualidade de vida das pessoas*” (MPF, 2013, f. 23).

níveis excessivos de pressão sonora/ruído excessivo a efeitos negativos na saúde/dano ambiental/poliuição sonora (SDs 14 a 16). Com base no que Krieg-Planque (2018) diz sobre discursos institucionais, a diferença

desta instituição pública em relação às logo acima mencionadas é que o MPF está inscrito em uma formação discursiva jurídica e tem a possibilidade de responsabilizar a empresa concessionária da ferrovia,

QUADRO IV - Buzina de trem significada como dano ambiental ou poluição sonora pelo MPF.

TABLE IV - Train horn taken as environmental damage or noise pollution by the MPF.

- [SD 14, recomendação feita pelo MPF à empresa em 2019] “*RECOMENDAR*, com fulcro no art. 6º, XX, da Lei Complementar n.º 75/93, à [EMPRESA CONCESSIONÁRIA DA FERROVIA] que, no prazo máximo de 20 (dez) dias, *adote as providências consideradas necessárias para a redução dos níveis excessivos de pressão sonora produzidos pelas buzinas de suas locomotivas que cruzam áreas urbanas nos Municípios do São Carlos/SP e Ibaté/SP*” (MPF, 2013, f. 196).
- [SD 15, despacho interno do órgão em 2020] 2) “*Encaminhe resposta ao representante*, para informar que suas reclamações foram anexadas no Inquérito civil n. 1.34.023.000111/2011-85, que tem por objeto *apurar o dano causado à população local, em razão da poluição sonora decorrente da exploração dos serviços de transporte ferroviário*. [...] A *premissa é que o ruído excessivo acarreta dano* à saúde pública da população, além de outros efeitos negativos. Continuamos à disposição para recebermos as manifestações, que são imprescindíveis para a instrução do presente Inquérito Civil” (MPF, 2013, doc. 107, p. 3, 4).
- [SD 16, registro jornalístico] “O Ministério Público convida você a responder ao *questionário sobre ruído ferroviário*.
Os objetivos são identificar, mensurar e analisar os *danos socioambientais* provocados pelo *ruído ferroviário na zona urbana de São Carlos/SP e Ibaté/SP* e, com os dados obtidos, propor *alternativas para a diminuição dos problemas identificados*” (Moraes, 2022).

razão pela qual lhe fez recomendações (SD 14), respondeu a representantes (SD 15) e se uniu ao MPSP para avaliar o incômodo sonoro da população (SD 16). Constata-se, pois, uma divergência interpretativa quanto aos riscos subjacentes ao acionamento da buzina no tráfego ferroviário são-carlense.

Desde 1967, a OMS relaciona ruído a risco à saúde do trabalhador/incômodo público (SD 17), nomeando-o, em um documento de 2018, como ruído/ruído ambiental associado a risco ambiental à saúde/bem-estar humano (SDs 18 e 19), o que ampliou a noção de risco relacionada a eventos sonoros (QUADRO V). Nessa mesma linha de entendimento, em capítulo dedicado à questão do ruído (do relatório “*Frontiers 2022: Noise, blazes and mismatches: emerging issues of environmental concern*”), ruído ambiental/poluição sonora também remete a risco ambiental/risco à saúde (SD 20). Seja nos estudos elaborados por uma organização de saúde (SD 21) e por uma vinculada à proteção ambiental (SD 20)

mundiais, seja na comunicação científica (SD 22), há uma associação entre som/ruído/barulho/altos níveis sonoros e risco à saúde/risco de incômodo sonoro, delimitada na própria ciência por meio de pesquisas acústicas, sociais ou socioacústicas ou concernentes à saúde humana.

Dizeres que circulam no Brasil especificamente (QUADRO VI), extraídos de normas que tratam da emissão de sons no meio ambiente como um direito individual (SDs 23 e 24) ou como um direito difuso (SDs 25 e 26), sinalizam que, na esfera jurídica, há a produção de efeitos de sentido que vinculam profissão incômoda ou ruidosa/sinais acústicos/instrumentos sonoros/níveis excessivos de ruído/poluição sonora a interferências/perturbação/incômodo e a efeitos prejudiciais a segurança/saúde/bem-estar da população/sossego público. Quanto ao lançamento de energia sonora em desacordo com os padrões ambientais (acima do que é permitido pela legislação), é a principal reclamação dos moradores e, em pesquisas científicas, por vezes, é tomado como um indicativo de poluição sonora (SD 27).

QUADRO V - Exposição sonora significada como um risco ambiental.

TABLE V - Noise exposure taken as an environmental risk.

- [SD 17] “O ruído representa risco para a saúde do trabalhador e incômodo público” (Bell, 1967, p. 16, [tradução dos autores]).
- [SD 18] “O ruído é um dos riscos ambientais mais importantes para a saúde e continua a ser uma preocupação crescente entre os formuladores de políticas e o público em geral” (Jakab, 2018, p. VII, [tradução dos autores]).
- [SD 19] “O ruído ambiental é um importante problema de saúde pública, figurando entre os principais riscos ambientais à saúde. Tem impactos negativos na saúde e no bem-estar humanos e é uma preocupação crescente entre o público em geral e os decisores políticos na Europa” (WHO, 2018, p. XIII, [tradução dos autores]).
- [SD 20] “Hoje, a poluição sonora é um grande problema ambiental, citado como um dos principais riscos ambientais à saúde em todas as idades e grupos sociais e um acréscimo ao ônus da saúde pública” (Aletta, 2022, p. 8, [tradução dos autores]).
- [SD 21] “O GDG [Grupo de Desenvolvimento de Diretrizes] concordou em estabelecer diretrizes de níveis de exposição com base na definição: ‘níveis de exposição ao ruído acima dos quais o GDG está confiante de que há um risco aumentado de efeitos adversos à saúde’” (WHO, 2018, p. 20, [tradução dos autores]).
- [SD 22] “Risco Relativo (RR) de ser altamente incomodado pelo ruído ferroviário durante o dia e a noite, por nível de exposição em Pisa, Itália” (Licitra et al., 2016, p. 6, [tradução dos autores]).

QUADRO VI - Exposição sonora significada como um risco no Brasil.

TABLE VI - Sound exposure signified as a risk in Brazil.

- [SD 23] “o proprietário ou o possuidor de um prédio tem o direito de fazer cessar as interferências prejudiciais à segurança, ao sossego e à saúde dos que o habitam, provocadas pela utilização da propriedade vizinha” (Lei n.º 10.406, 2002).
- [SD 24] “Art. 42. Perturbar alguém o trabalho ou o sossego alheios:
I - com gritaria ou algazarra;
II - exercendo profissão incômoda ou ruidosa, em desacordo com as prescrições legais;
III - abusando de instrumentos sonoros ou sinais acústicos” (Decreto-Lei n.º 3.688, 1941).
- [SD 25] “Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades.
[...] os problemas dos níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da Poluição de Meio Ambiente [...]
I - A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução” (Resolução Conama n. 001, 1990).
- [SD 26] “Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:
[...]
III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:
a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população [...]
e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos” (Lei n.º 6.938, 1981).
- [SD 27] “Portanto, a situação é claramente de poluição sonora, uma vez que os níveis de ruído gerados ultrapassam em muito o limite legalmente estabelecido” (Zannin e Bunn, 2014, p. 8, [tradução dos autores]).

O que se quer enfatizar é que os discursos não ocorrem “soltos” uns dos outros – ao contrário, eles não apenas mantêm redes de memórias e de trajetos sociais, mas também são capazes de desestruturá-las ou reestruturá-las (Pêcheux, 2015), de modo que esta pesquisa aponta para uma tentativa de manutenção da memória institucional que vincula o alerta sonoro a uma medida de segurança contra riscos de acidentes, mas tal manutenção é confrontada por discursos que a desestabilizam, associando o alerta sonoro à poluição sonora. A formulação e a circulação de dizeres em diferentes formações discursivas trazem à tona sentidos diversos com relação ao som ferroviário. Cabe considerar que os sujeitos e instituições envolvidos no conflito tomam para si um único efeito de sentido, o que é explicado pelas noções de formação discursiva e ideológica (Haroche *et al.*, 1971; Krieg-Planque, 2018; Orlandi, 2012). Em síntese, na significação de objetos simbólicos, os sujeitos estão sempre cerceados pelos efeitos de evidência, originados na formação discursiva que sustentam por meio de seu discurso e da qual são suporte, como se suas palavras tivessem um único sentido, universal, já dado; daí o sentido ser tomado pelos sujeitos como natural, transparente, literal, quando, em verdade, ele lhes foi inculcado pela ideologia (Orlandi, 2012; Pêcheux, 2014).

Sob a perspectiva deste estudo, significa dizer: “é evidente que a buzina é ‘tal coisa’, boa ou ruim”. Para instituições ligadas ao transporte ferroviário ou para pessoas que estão em circunstância de risco de acidente, “é evidente que o acionamento da buzina, alerta sonoro, é uma prática precaucional que reduz acidentes ou desastres ferroviários”, como se o risco fosse cristalizado, apenas de uma única forma (“só existe o risco de acidentes”); para alguns moradores circunvizinhos, que não estão sob risco de acidente e que têm seu lugar e suas atividades alterados pela intensidade sonora da buzina, “é evidente que o acionamento da buzina é incômodo, poluição sonora”, assim como o ruído do tráfego de trens; e, para o MPF, que acolheu as reivindicações que lhe foram confiadas, “é evidente que o acionamento da buzina e o ruído do tráfego de trens configuram dano ambiental, poluição sonora”. Com relação aos dois últimos, considerando as SDs de 17 a 27 (QUADROS V e VI), ressalta-se que ambos entendem a exposição humana a altos níveis sonoros como um risco ambiental, ainda que não usem tais enunciados em seus dizeres. Ademais, entende-se neste estudo que isso pode estar relacionado ao princípio da prevenção (riscos e impactos ambientais conhecidos pela ciência) e, em especial, ao princípio da precaução (riscos e impactos ambientais desconhecidos pela ciência) do Direito Ambiental, os quais orientam a proteção ambiental e eventuais medidas a serem tomadas (Milaré, 2018).

As condições de produção dos discursos (Haroche *et al.*, 1971) atuais são diferentes das de outrora. São as próprias mudanças sócio-históricas ocorridas que permitem explicar a transição de sentidos pela qual o som ferroviário tem passado em décadas recentes. No contexto atual, é possível formular dizeres que o associam a dano ambiental, risco ambiental ou poluição sonora, devido não só ao avanço da ciência e dos direitos ambientais, mas também à circulação de dizeres em diversos meios de comunicação.

A investigação acerca das tensões entre o reconhecimento social dos riscos e aquilo que é definido pelo direito e pela ciência como tal – retomando a ideia de que os sujeitos disputam entre si para defini-los, o que envolve um jogo de poder cambiante entre a sociedade, a ciência, o direito, o Estado e as empresas (Beck, 2011, 2016) – sugere a ideia de que os segmentos sociais envolvidos no conflito concorrem entre si para definir se o som ferroviário, hoje uma fobia sonora para algumas populações, precisa ser tomado como um risco. Entretanto, não há “*uma hierarquia de credibilidade e racionalidade, mas se deve questionar, no exemplo da percepção do risco, como a ‘racionalidade’ surge socialmente, como, portanto, se passa a acreditar nela, como se torna questionável, como é definida, redefinida, obtida e descartada*” (Beck, 2011, p. 71). Por essa razão, foram explorados elementos que permitissem compreender aquilo que orienta a racionalidade de todos os sujeitos envolvidos no conflito socioambiental analisado, a conscientização de riscos que eles pressupõem fazer e a percepção de risco que os orienta, contemplando os riscos de acidentes ferroviários e aqueles causados pela exposição a fontes sonoras de ferrovias.

Dado que este estudo foi baseado em fontes bibliográficas e documentais, recomenda-se que pesquisas futuras, por meio de outras técnicas, aprofundem a compreensão dos riscos híbridos inerentes a esse tipo de conflito socioambiental e avaliem: a) os níveis sonoros emitidos pelas atividades ferroviárias no local e os efeitos socioambientais decorrentes; b) a percepção ambiental que os cidadãos residentes à margem dos trilhos têm da emissão sonora e dos riscos de acidentes a que estão sujeitos; e, de modo complementar, c) a percepção de riscos, de caráter organizacional/institucional, que o setor ferroviário e o seu quadro de funcionários têm, assim como a de operadores do direito e administradores públicos, quanto aos riscos híbridos que foram colocados em questão nesta pesquisa e à emergência de novos riscos que àqueles possam vir a se associar.

Conclusão

De meados do século XIX às primeiras décadas do século XXI, a paisagem urbana são-carlense sofreu substanciais metamorfoses, adequando-se ao modelo econômico vi-

gente em cada época através de, entre outras características, especificidades dos infrassistemas e fluxos de transportes de pessoas e cargas. Conjuntamente a tais alterações de caráter tecnológico, também ocorreram aquelas relativas ao ecossistema institucional que delibera sobre o tipo de objetos fixos e circulantes, sua localização e respectivas vias de tráfego, assim como sobre o *modus operandi* de tais infrassistemas e fluxos, incidindo na qualidade ambiental e de vida dos que deles usufruem ou que com eles convivem. Ocorre que políticos e empresários, sujeitos que deliberam sobre a configuração e o ordenamento territorial no setor de transportes, são municiados com um repertório técnico e uma racionalidade econômica nem sempre bem coadunados com a lógica de ocupação residencial urbana e sua circulação corriqueira, do que derivam potenciais descompassos com a vida cotidiana dos cidadãos. As inconciliações podem ser levadas ao paroxismo, numa espiral de tensionamentos.

O caso são-carlense revelou que, entre meados dos séculos XIX e XX, a convergência entre o desenvolvimento urbano, a prosperidade coletiva, os investimentos havidos em infraestrutura e os serviços ferroviários logrou tamanha sinergia, que engendrou manifestações comunitárias variadas de topofilia e permitiu uma sinergia entre o fluxo de trens, a riqueza local e os cidadãos ali estabelecidos. Tal confluência repercutiu no atributo cultural positivo dado ao alerta sonoro de trens usado naquela época. No entanto, a dinâmica urbana são-carlense foi-se conectando a outros circuitos econômicos e de transportes na segunda metade do século XX, e o sistema ferroviário (trilhos e trens) tornou-se disfuncional à localidade e assíncrono às novas dinâmicas socioespaciais, visto que passou a ocorrer um fenômeno de progressivo estranhamento social de cidadãos da zona urbana de São Carlos ante os trens de carga que ali trafegam — através de trilhos que cindem a cidade e composições ferroviárias que sobrepõem suas potentes máquinas e vagões, com riquezas de alhures, sobre a riqueza e a circulação locais.

Essa metamorfose, simbólica e prática, produziu, em décadas recentes, uma classe de riscos relativos ao transporte ferroviário que é mal-assimilada pela comunidade urbana são-carlense, posto que produz males e não assegura benefícios recíprocos compensatórios. Disso resultou que os dispositivos de segurança adotados pela empresa concessionária do tráfego ferroviário, ao invés dos sentidos precaucionais subjacentes à sua racionalidade sociotécnica, fossem convertidos numa afronta às novas rotinas da vida cotidiana local, assim como aos novos parâmetros institucionais, de qualidade ambiental e bem-estar, que a regem. Enquanto a alta sonoridade da buzina de trens de carga visa a corresponder a uma solução técnica precaucional, que é tida como pertinente a uma boa relação com residentes ao redor, tal objetivo

escamoteia alguns dos problemas socioespaciais de fundo. Isso porque a progressiva desconexão funcional entre o sistema ferroviário e a dinâmica da vida cotidiana local produziu uma assimetria de poder socioespacial: a precedência dos negócios ferroviários potencializa a fratura no tecido urbano em expansão, pois a ocupação territorial é segmentada pela rede de trilhos, os fluxos terrestres que ali se desenrolam entre os segmentos da cidade fraturada são desencaixados e a paisagem sonora noturna lesa o direito ao repouso dos residentes.

Uma vez que houve indisposição do setor ferroviário para dialogar com a população, impermeável à busca de uma boa convivência e ao atendimento de mútuos interesses e direitos, emergiu a mobilização coletiva, para ressignificar as suas reclamações numa direção reivindicativa, elevando-as ao patamar de afirmação de direito difuso. Como se trata de um processo ainda em curso, a mobilização coletiva local tem objetivado adensar os seus recursos de voz perante o sistema de justiça brasileiro, seja para tentar enquadrar legalmente os prejuízos sofridos, seja para reivindicar os direitos ambientais relacionados à garantia do bem-estar humano da coletividade afetada. A provocação do MPF de São Carlos, através do dispositivo do inquérito civil, demanda providências para reduzir os sons ferroviários e traduz-se nesse ponto culminante de conflito socioambiental institucionalizado. Contudo, isso não diz respeito a uma convivência desarmônica pontual entre o tráfego ferroviário e os moradores no presente, e sim a um processo sócio-histórico mais abrangente no qual o sistema ferroviário foi declinando em seu papel fundador e vitalizador de cidades interioranas paulistas, até atingir um ponto irreversível na forma de uma rugosidade de difícil ressignificação socioespacial, à exceção da antiga estação ferroviária, transmutada na Estação Cultura, devido à criação da Fundação Pró-Memória de São Carlos e à atuação que ela desempenha no município.

As metamorfoses socioeconômicas, culturais e espaciais apontadas tornaram os sons ferroviários incomodativos, ou seja, inconvenientes, para além dos critérios científicos e técnicos de tolerabilidade dos ouvidos humanos. Ficou, assim, demonstrado que os sentidos atribuídos ao som ferroviário têm uma dimensão sócio-histórica local não desprezível. São passíveis de transmutar-se em consonância com as alterações sonoras, tecnológicas, demográficas e discursivas ocorridas ao longo do tempo, o que deveria ser levado em conta pelo sistema sociotécnico ferroviário no que tange às suas estruturas e procedimentos de tráfego, mas que não o é, suscitando tensões com a população cidadina. É dizer, houve uma transição de sentidos acerca do sistema ferroviário e seus sons, a qual passou, em poucas gerações, do entusiasmo ao incômodo de moradores ao redor, contribuindo inicialmente para a sua topofilia e, após, para que lhes incitasse uma

acentuada topofobia. Tal processo é parte constitutiva das metamorfoses urbanas contemporâneas, nas quais não apenas emergem diferentes tipos de riscos, como os relacionados a acidentes ferroviários, mas também se evidenciam as disjunções entre as orientações técnicas dos sujeitos que os pretendem controlar, as alterações na paisagem sonora e os princípios da autodeterminação que regem as rotinas dos moradores.

Conclui-se que sujeitos decisórios do *modus operandi* do sistema sociotécnico ferroviário, populações a ele circunvizinhas e operadores do direito brasileiro estão disputando uma nova definição de risco, referente à poluição sonora. Isso revela que a modernidade industrial (da qual a ferrovia foi um símbolo no início) e a modernidade reflexiva (que caracteriza os processos socioespaciais hodiernos) suscitam entrechoques no âmbito das racionalidades, dos discursos e das práticas sociais dos atores envolvidos nessas temporalidades (des)conectadas. É mister que as metamorfoses espaciais urbanas, as práticas, as lógicas e os discursos dos atores envolvidos — todos encerrados pelo caráter ambivalente da sociedade de risco —, quanto à emissão de sons ferroviários e seus efeitos socioambientais, sejam analisados de um modo articulado com relação aos enquadramentos legais e à análise dos riscos implicados.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (da Universidade Federal de São Carlos), aos quais K.A.F. é grata. N.V. agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa, processos 315237/2020-1 e 316828/2023-8. Os autores agradecem à Editora da Universidade Federal de São Carlos, à Fundação Pró-Memória de São Carlos e ao Ministério Público Federal de São Carlos por ceder livros e documentos ou permitir reproduzir suas ilustrações, bem como a cada Parecerista da *Territorium — Revista Internacional de Riscos* pelos oportunos subsídios de seus comentários para os ajustes no texto.

Referências bibliográficas

- ACERVO DA FUNDAÇÃO PRÓ-MEMÓRIA DE SÃO CARLOS (n.d.-a). [Movimentação de pessoas na estação ferroviária de São Carlos quando foi inaugurada a linha de bondes elétricos, em 1914]. [Fotografia]. Fundação Pró-Memória de São Carlos. Coleção Alemão: Ferrovias e Outros Transportes: Bondes. Disponível: <https://www.flickr.com/photos/acervodigitalfotograficofpmc/38621826906/in/album-72157691035190036/> [23/12/2022].
- ACERVO DA FUNDAÇÃO PRÓ-MEMÓRIA DE SÃO CARLOS (n.d.-b). [Visita do Presidente Juscelino Kubitschek em 1957]. [Fotografia]. Fundação Pró-Memória de São Carlos. Dossiê de imagens da visita do presidente Juscelino Kubitschek no desfile do Centenário de São Carlos, em 1957. Disponível: <https://www.flickr.com/photos/acervodigitalfotograficofpmc/32587025917/in/album-72157704393631592/> [19/12/2022].
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (2022). *Relatório de Acompanhamento de Acidentes Ferroviários - RAAF*. Brasil. Disponível: <https://dados.antt.gov.br/dataset/relatorio-de-acompanhamento-de-acidentes-ferroviarios-raaf> [22/11/2022].
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (2003). *Resolução n. 288, de 10 de setembro de 2003*. Brasil.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (2020). *Resolução n. 5.902, de 21 de julho de 2020*. Brasil.
- Aletta, F. (2022). Listening to cities: from noisy environments to positive soundscapes. In: United Nations Environment Programme. *Frontiers 2022: Noise, blazes and mismatches: emerging issues of environmental concern*. (7-22). Nairobi. Disponível: <https://www.unep.org/resources/frontiers-2022-noise-blazes-and-mismatches> [18/12/2022].
- Ali, S. A. (2005). Railway noise levels, annoyance and countermeasures in Assiut, Egypt. *Applied Acoustics*, 66(1), 105-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.06.005>
- Aravanis, G. (19 outubro 2019). Grupo manda representação ao MPF contra buzina de trens em Americana. *O Liberal*. Disponível: <https://liberal.com.br/cidades/americana/grupo-manda-representacao-ao-mpf-contrabuzina-de-trens-em-americana-1091009/> [17/12/2022].
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2020). *ABNT NBR 16425-4: Acústica: Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes: Parte 4: Sistema ferroviário*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016). *ABNT NBR 16447: Locomotiva: Buzina: Requisitos acústicos*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Augusto, G. (Ed.). (2007). *Almanach: 1894*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; São Carlos: Editora da Universidade Federal de São Carlos. (Trabalho original publicado em 1894).
- Beck, U. (2011). *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. São Paulo: Editora 34.
- Beck, U. (2012). A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In Beck, U.,

- Giddens, A. e Lash, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. (2 ed., 11-87). São Paulo: Editora Unesp.
- Beck, U. (2016). *Sociedade de risco mundial: em busca da segurança perdida*. (1 ed.). Lisboa: Edições 70.
- Beck, U. (2018). *A metamorfose do mundo: Novos conceitos para uma nova realidade*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Bell, A. (Org.). (1967). *Le bruit: risque pour la santé du travailleur et nuisance publique*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé. Disponível: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41480> [26/3/2022].
- Bellinger, W. K. (2006). The economic valuation of train horn noise: A US case study. *Transportation Research Part D*, 11(4), 310-314.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.06.002>
- Bortolucci, M. A. P. de C. e S. (1991). *Moradias urbanas construídas em São Carlos durante o período cafeeiro*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. (v. 1.). Acervo da Fundação Pró-Memória de São Carlos.
- Camargo, J. F. (Ed.). (1928/2007). *Almanack Annuario de S. Carlos: 1928*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; São Carlos: Editora da Universidade Federal de São Carlos. (Trabalho original publicado em 1928).
- Cano, W. (2007). *Raízes da concentração industrial em São Paulo*. (5 ed.). Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Castro, F. (Org.). (1916-1917). *Almanach-album de São Carlos: 1916-1917*. São Carlos: "Typographia Artistica".
- COMPANHIA PAULISTA DE ESTRADAS DE FERRO (1945). *Regulamento interno do trafego: Circulação de trens; cruzamento de trens; sinais; acidentes e precauções*. <http://vfco.brazilia.jor.br/bibliografia/CPEF-Regulamento-Circulacao-Trens.shtml> [12/11/2021].
- de Matos, O. N. (1990). *Café e ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e a evolução da cultura cafeeira*. Campinas: Pontes.
- de Mello, A. D. (Ed.). (1927/2007). *Almanack de S. Carlos: 1927*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; São Carlos: Editora da Universidade Federal de São Carlos. (Trabalho original publicado em 1927).
- de Mello, J. M. C. (1991). *O capitalismo tardio: contribuição à revisão crítica da formação e do desenvolvimento da economia brasileira*. (8 ed.). São Paulo: Editora Brasiliense.
- de Oliveira, L. (2017). *Percepção do meio ambiente e geografia: estudos humanistas da paisagem, do espaço e do lugar*. São Paulo: Cultura Acadêmica. (Marandola Jr, E. e Cavalcante, T. V., Orgs.).
- de Souza, J. L., Marandola Júnior, E. J. e Souza, A. C. D. (2022). A rodovia do medo: o trânsito de cargas nocivas sobre a parede da barragem Itans, Caicó/RN – Brasil. *Territorium – Revista Internacional de Riscos*, 29(II): Riscos, Segurança e Saúde. Editores: RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC – Imprensa da Universidade de Coimbra. ISSN: 0872-8941, 67-81.
DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_29-2_5
- Decreto n. 1.832, de 4 março de 1996. Aprova o Regulamento dos Transportes Ferroviários. Brasil, Brasília, DF. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1832.htm [19/12/2022].
- Decreto-Lei n.º 3.688, de 3 de outubro de 1941. Lei das Contravenções Penais. Brasil, Brasília, DF. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3688.htm [19/12/2022].
- Devescovi, R. C. B. (1987). *Urbanização e acumulação: um estudo sobre a cidade de São Carlos*. São Carlos: Arquivo de História Contemporânea; Universidade Federal de São Carlos.
- Erdmann, F., Raaschou-Nielsen, O., Hvidtfeldt, U. A., Ketzel, M., Brandt, J., Khan, J., ... Sørensen, M. (2022). Residential road traffic and railway noise and risk of childhood cancer: A nationwide register-based case-control study in Denmark. *Environmental Research*, 212, Part A, Article 113180.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113180>
- Fonseca, S., Queirós, C., Guimarães, F. e Martins, V. (2018). Risco de Bournout e trauma em profissionais da ferrovia com e sem experiência em acidentes. *Territorium – Revista Internacional de Riscos*, 25(1): Riscos: processos e vulnerabilidades. Editores: RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC – Imprensa da Universidade de Coimbra. ISSN: 0872-8941, 113-127.
DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_25-1_9
- FUNDAÇÃO PRÓ-MEMÓRIA DE SÃO CARLOS (2017). *Fogo e vapor: aspectos da história de São Carlos*. São Carlos: Fundação Pró-Memória de São Carlos.
- Giddens, A. (1991). *As consequências da modernidade*. São Paulo: Editora Unesp.
- Giddens, A. (2012). A vida em uma sociedade pós-tradicional. In Beck, U., Giddens, A. e Lash, S. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. (2 ed., 89-166). São Paulo: Editora Unesp.
- Giesbrecht, R. M. (2017). *Um dia o trem passou por aqui: a história e as histórias dos trens de passageiros no estado de São Paulo e as saudades que eles deixaram*. (2 ed.). Ralph Mennucci Giesbrecht. Edição do Kindle.

- Gonçalves, J. M. F. (2018). *Ferrovias paulistas: história das ferrovias do Brasil: volume II*. Curitiba: Sendas Edições.
- Gonçalves, N. (2000 ou 2001). *Uma inesquecível viagem de trem de ferro e outras histórias*. Ponte Alice Dias Colina.
- Guilhaumou, J. e Mالدیدیر, D. (2016a). Novos gestos de leitura ou o ponto de vista da Análise de Discurso sobre o sentido. In Guilhaumou, J., Mالدیدیر, D. e Robin, R. *Discurso e arquivo: experimentações em análise do discurso*. (235-246). Campinas: Editora da Unicamp.
- Guilhaumou, J. e Mالدیدیر, D. (2016b). Efeitos do arquivo. A análise do discurso do lado da história. In Guilhaumou, J., Mالدیدیر, D. e Robin, R. *Discurso e arquivo: experimentações em análise do discurso*. (115-140). Campinas: Editora da Unicamp.
- Haroche, C., Henry, P. e Pêcheux, M. (1971). La sémantique et la coupure saussurienne: langue, langage, discours. *Langages*, 24, 93-106, 1971. Disponível: https://www.persee.fr/doc/lgge_0458-726x_1971_num_6_24_2608 [17/12/2022].
- Holloway, T. H. (1984). *Imigrantes para o café: café e sociedade em São Paulo*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1940). *Recenseamento Geral do Brasil*. (Série Regional Parte XVII, São Paulo, Tomo 3). Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/65/cd_1940_p17_t3_sp.pdf [19/12/2022].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). *Portal Cidades@*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama> [19/12/2022].
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2022). *Portal Cidades@*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama> [19/07/2024].
- Iossifova, D., Bhide, A., Lazo, D. L., Valencio, N., Dong, N. e Gasparatos, A. (2020). Desigualdades infraestructurales en ciudades fragmentadas. Transformando infra-sistemas para la salud pública. In Delgado Ramos, G. C. e López García, D. (Eds.). *Las ciudades ante el COVID-19: Nuevas direcciones para la investigación urbana y las políticas públicas*. (1 ed., 78-89). Ciudad de México: Plataforma de Conocimiento para la Transformación Urbana. Disponível: https://pure.manchester.ac.uk/ws/portalfiles/portal/170660270/2020_Ciudades_ante_el_COVID_19_spanish.pdf [22/7/2022].
- Iossifova, D., Zavos, S., Gasparatos, A., Valencio, N., Bhide, A., Baltazar, A. P., ... Ren, Y. (2022). Infrastructuring with care in Cities in the Global South. In Iossifova, D., Gasparatos, A., Zavos, S., Gamal, Y. e Long, Y. (Eds.). *Urban Infrastructuring: Reconfigurations, Transformations and Sustainability in the Global South*. (309-320). Singapore: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-8352-7>
- Krieg-Planque, A. (2018). *Analisar discursos institucionais*. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia.
- Lapa, J. R. do A. (1998). *A economia cafeeira*. (6 ed.). Tatuapé: Editora Brasiliense.
- Larue, G. S., Dehkordi, S. G., Watling, C. N. e Naweed, A. (2021). Loud and clear? Train horn practice at railway level crossings in Australia. *Applied Ergonomics*, 95(103433), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103433>
- Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. (1981). Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasil, Brasília, DF. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm [19/12/2022].
- Lei n.º 10.406, de 10 de janeiro de 2002. (2002). Institui o Código Civil. Brasil, Brasília, DF. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm [19/12/2022].
- Lei n.º 12.504, de 11 de outubro de 2011. (2011). Confere ao Município de São Carlos, no Estado de São Paulo, o título de Capital Nacional da Tecnologia. Brasil, Brasília, DF. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12504.htm [14/4/2022].
- Lei n.º 18.053 de 19 de dezembro de 2016. (2016). Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos, e dá outras providências. São Carlos. Disponível: <https://camarasaocarlos.sp.gov.br/doc/?ent=70792&doc=1119&a=2016> [19/12/2022].
- Lei n.º 19.733 de 29 de junho de 2020. (2020). Regulamenta a emissão de ruído e uso de buzina por composições ferroviárias que trafegam pelo perímetro urbano Município. Disponível: https://file.camarasaocarlos.sp.gov.br/70792/lei/arquivo/CODIGO_LEI_52797.pdf [19/12/2022].
- Licitra, G., Fredianelli, L., Petri, D. e Vigotti, M. A. (2016). Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in Pisa urban areas. *Science of the Total Environment*, 568(15), 1315-1325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.071>
- Mantuan, E. (23 dezembro 2017). Acidente com trem cargueiro completa 53 anos. *Jornal Cruzeiro do Sul*. Disponível: <https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/846347/acidente-com-trem-cargueiro-completa-53-anos> [18/12/2022].
- Mendonça, F. e Buffon, E. A. M. (2021). Riscos Híbridos. In Mendonça, F. (Org). *Riscos Híbridos: concepções*

- e perspectivas socioambientais. (13-38). São Paulo: Oficina de Textos.
- Milaré, É. (2018). *Direito do Ambiente*. (11 ed. revista, atualizada e ampliada). São Paulo: Thomson Reuters.
- MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (2013). *Inquérito civil n.º 1.34.023.000111/2011-85*. Brasil, São Carlos, SP.
- Moraes, B. MP e MPF querem saber tamanho da irritação do são-carlense com buzina do trem. *ACidade On*. Disponível: <https://www.acidadeon.com/saocarlos/cotidiano/MP-e-MPF-querem-saber-tamanho-da-irritacao-do-sao-carlense-com-buzina-do-trem-20220223-0018.html> [19/12/2022].
- Mortati, D. (2014). *Reprodução da planta da cidade de São Carlos e subúrbios: Companhia Paulista de Electricidade, 1918* [Mapa]. São Carlos: Estação Cultura, Prefeitura Municipal de São Carlos; Fundação Pró-Memória de São Carlos. Escala: 1:10.000. Acervo Octavio Carlos Damiano, Arquivo Público e Histórico da Cidade. Disponível: https://www.promemoria.saocarlos.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=157&Itemid=198 [19/12/2022].
- Ngamdung, T. e daSilva, M. (2020). *Trespass risk in quiet zones*. Washington: U. S. Department of Transportation. Disponível: <https://railroads.dot.gov/elibrary/trespass-risk-quiet-zones> [18/12/2022].
- Nunes, I. (2021). *A reinvenção dos negócios ferroviários: na Argentina e Brasil, 1950-1990*. (1 ed.). São Paulo: Fapesp.
- OIKOS PESQUISA APLICADA LTDA (2009). *Estudo de Impacto Ambiental (EIA) das obras de implantação da Ferrovia Oeste-Leste (EF 334), entre Figueirópolis (TO) e Ilhéus (BA)*. (V. 3, Avaliação dos impactos ambientais). Disponível: <https://portal.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-de-integracao-oeste-leste/estudos-de-viabilidade-evtea> [18/12/2022].
- Ojima, R. (2007). Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 24(2), 277-300. Disponível: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/NyWKBrstfjGzY3WBBdqDXyV/abstract/?lang=pt> [18/12/2022].
- Orlandi, E. P. (2001). *Análise de discurso: princípios e procedimentos*. Campinas: Pontes.
- Orlandi, E. P. (2012). *Discurso e texto: formulação e circulação dos sentidos*. (4 ed.). Campinas: Pontes Editores.
- Pêcheux, M. (2014). A forma-sujeito do discurso. In: Pêcheux, M. *Semântica e discurso: uma crítica à afirmação do óbvio*. (5 ed., 145-168). Campinas: Editora da Unicamp.
- Pêcheux, M. (2015). *O discurso: estrutura ou acontecimento*. (7 ed.). Campinas: Pontes Editores.
- Pinto, A. A. (1977). *História da viação pública em São Paulo*. (2 ed.). São Paulo: Governo do Estado.
- Pozzer, G. P. (2015). A modernidade chega de trem: a inauguração da ferrovia em Campinas, São Paulo, em 1872. *Intellêctus*, (1), 142-167. Disponível: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/intellectus/article/view/18802> [18/12/2022].
- Pultznerova, A., Eva, P., Kucharova, D. e Argalasova, L. (2018). Railway noise annoyance on the railway track in northwest Slovakia. *Noise Health*, 20(94), 90-100. Disponível: <https://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2018;volume=20;issue=94;spage=90;epage=100;aulast=Pultznerova> [13/11/2021].
- REDAÇÃO SÃO CARLOS AGORA (2021). Justiça anula efeitos de decreto que proibia a buzina de trens em São Carlos. Disponível: <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/justica-anula-efeitos-de-decreto-que-proibia-a-buzina-de-trens-em-sao/136550/> [19/12/2022].
- Resolução Conama n.º 001, de 08 de março de 1990*. (1990). Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Brasil, Brasília, DF. Disponível: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-080390.PDF> [19/12/2022].
- RUMO (2020). *Regulamento operacional*. (1 ed.). Curitiba: Rumo. Disponível: <https://rumolog.com/wp-content/uploads/2022/03/Regulamento-Operacional-RUMO.pdf> [13/11/2021].
- Santos, M. (2008). *A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Edusp.
- Schafer, R. M. (2011). *A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora*. São Paulo: Editora Unesp.
- Schaffauser, M. (28 setembro 2018). Moradores reclamam do volume da buzina do trem. *Diário da Região*. Disponível: https://www.diariodaregiao.com.br/_conteudo/2018/09/cidades/rio_preto/1123308-moradores-reclamam-do-volume-da-buzina-do-trem.html [18/12/2022].
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Römer, K., Pons-Kühnemann, J. ... Hegewald, J. (2016). Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease: a case-control study based on secondary data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(8), 749-758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.012>

- Silveira, M. R. (2007). *Estradas de ferro no Brasil: das primeiras construções às parcerias público-privadas*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Sørensen, M., Poulsen, A. H., Kroman, N., Hvidtfeldt, U. A., Thacher, J. D., Roswall, N. ... Raaschou-Nielsen, O. (2021). Road and railway noise and risk for breast cancer: a nationwide study covering Denmark. *Environmental Research*, 195(110739), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110739>
- SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S. A. (2010). *Ferrovia EF 354: trecho Uruaçu (GO)-Vilhena (RO): Relatório de Impacto Ambiental-RIMA*. Disponível: https://ox.socioambiental.org/sites/default/files/ficha-tecnica//node/167/edit/2019-02/RIMA_compresso.pdf [18/12/2022].
- Valencio, N. F. L. da S., Prater, C., Campos, P. F. C., Trivelin, L. M., Siena, M., Evangelista, J. D. ... Paganelli, J. (2004). A produção social do desastre: dimensões territoriais e político-institucionais da vulnerabilidade das cidades brasileiras frente às chuvas. *Teoria & Pesquisa*, 1(44), 67-114. Disponível: <https://www.teoriaepesquisa.ufscar.br/index.php/tp/article/view/73> [18/12/2022].
- Wosniacki, G. G. e Zannin, P. H. T. (2021). Framework to manage railway noise exposure in Brazil based on field measurements and strategic noise mapping at the local level. *Science of the Total Environment*, 757, 143721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143721>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. World Health Organization Regional Office for Europe. Disponível: <https://www.who.int/europe/publications/item/9789289053563> [18/12/2022].
- Zannin, P. H. T. e Bunn, F. (2014). Noise annoyance through railway traffic - a case study. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(14), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-14>

(Página deixada propositadamente em branco)

RIDING A BICYCLE... WITH OR WITHOUT A HELMET:
PERCEPTIONS AND ATTITUDES CONCERNING HELMET USE AMONG FIGUEIRA DA FOZ YOUNG PEOPLE (2014-2016)*

ANDAR DE BICICLETA... CAPACETE, USAR OU NÃO? EIS A QUESTÃO:
FATORES DETERMINANTES EM JOVENS DO CONCELHO DA FIGUEIRA DA FOZ (2014-2016)

Ricardo Eufrásio^{1, 2}

 0000-0002-8466-7894
RJEufrasio@arscentro.min-saude.pt

Manuela Branco^{1, 3}

mmsilva2@arscentro.min-saude.pt

Fernando Lopes^{1, 3}

fjlopes@arscentro.min-saude.pt

Lúcia Amélia^{1, 4}

lucia.amelia.marques@gmail.com

Fernanda Vitória^{1, 3}

favitoria@arscentro.min-saude.pt

¹Ministério da Saúde, ARS - Centro (Portugal)

²Unidade de Saúde Pública Baixo Vouga

³Unidade Local de Saúde do Baixo Mondego

⁴Departamento de Saúde Pública

ABSTRACT

Traumatic brain injury is the leading cause of death and serious disability in bicycle accidents. We developed a study to examine local patterns of bicycle helmet use among young people in Figueira da Foz. We conducted a survey in which a questionnaire was applied to a sample of 1089 cyclists who were pupils in the Figueira da Foz Municipal District Schools. The questionnaire was designed to measure motivations relating to helmet ownership and use when riding a bicycle. In order to determine independent determinants, adjusted odds ratios were calculated by logistic regression analysis. Twenty-seven per cent of the cyclists were found to have experienced at least one accident along with traumatic brain injury, with the risk being higher in boys (aOR: 1.9; CI:95 %:1,5-2,6; p<0,05). Ninety per cent of the accidents did not involve a motor-vehicle, only the cyclist; they were caused by the cyclist losing control or hitting obstacles. Helmet use is determined according to literacy (OR: 2.5; CI:95 %:1,6-3,6; p<0,05), 5th and 8th school grade (OR: 3.6; CI:95 %:2,3-5,7; p<0,05 and a OR: 1.9; CI:95 %:1,3-2,7; p<0,05, respectively), and recreational cycling (OR: 2.8; CI:95 %:1,3-5,9; p<0,05). Most cyclists are not proactive, which is borne out by 77 % considering the helmet the most important equipment, while only 28 % use it frequently. Age is one of the most significant individual factors associated with helmet use. School-based programmes might increase its use among children. The helmet is an individual protection that should be encouraged.

Keywords: Accident, bicycle, helmet, traumatic brain injury.

RESUMO

Os traumatismos cranioencefálicos constituem a principal causa de morte e incapacidade grave nos acidentes de bicicleta. Realizou-se um estudo para identificar os fatores determinantes na sua utilização pelos jovens no Concelho da Figueira da Foz. Definiu-se uma amostra de 1089 alunos ciclistas, matriculados nos Agrupamentos de Escolas do Concelho da Figueira da Foz. Aplicou-se inquérito por questionário, auto-preenchido, medindo as motivações relativamente à titularidade e utilização do capacete. Na identificação dos fatores determinantes incluímos as variáveis independentes num modelo de análise de regressão logística múltipla, calculando-se os Odds Ratios ajustados. Registou-se que 27 % dos alunos referiram a experiência de pelo menos um acidente de bicicleta com traumatismo cranioencefálico, sendo esse risco superior nos rapazes (ORa: 1,9; IC:95 %:1,5-2,6; p<0,05). Em 90 % dos acidentados, não intervieram veículos automóveis ou motorizados, envolvendo apenas o próprio ciclista, resultado de despistes ou colisões com obstáculos. A utilização do capacete é determinada consoante a literacia (OR: 2,5; IC:95 %:1,6-3,6; p<0,05), o 5º e 8º ano de escolaridade (OR: 3,6; IC:95 %:2,3-5,7; p<0,05 e ORa: 1,9; IC:95 %:1,3-2,7; p<0,05, respetivamente) e a utilização recreativa da bicicleta (OR: 2,8; IC:95 %:1,3-5,9; p<0,05). A ausência de pro-atividade no uso do capacete, evidenciou-se quando 77 % dos alunos consideravam-no o equipamento mais importante, e apenas 28 % o utilizavam regularmente. A idade é um dos principais fatores determinantes na utilização do capacete. As campanhas de promoção poderão ser eficazes nas crianças em idade escolar. O capacete é uma proteção individual que deve ser incentivada.

Palavras-chave: Acidente, bicicleta, capacete, traumatismo cranioencefálico.

* O texto desta nota foi submetido em 13-06-2023, sujeito a revisão por pares a 26-06-2023 e aceite para publicação em 04-03-2024.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introduction

Although the ever growing “virtual” childhood, bicycles still remain quite popular among children, as approximately 90 % of children own a bicycle by the time they are in third grade (Eufrásio R *et al.*, 2015). More than toys, they represent freedom and also a good way to keep them physically active. However, some of the expected health benefits while riding the bicycle are lost due to injuries, which may cause permanent disabilities and sometimes even become fatal (Kotler DH *et al.*, 2016; Linsday H *et al.*, 2014; WHO, 2006; WHO, 2008).

In the United States of America (USA), more children (5-14 years) and adolescents are seen in emergency departments for bicycle related injuries, than any other sport or recreational activity (SAFE KIDS WORLDWIDE, 2016). Nearly 66 % of such serious injuries require hospital admission (WHO, 2008).⁶ Almost 25 % of all traumatic brain injuries (TBIs) in children, are bicycle related (Berg *et al.*, 2001). According to the World Health Organization, 75 % of deaths among injured bicyclists are due to TBIs, making it the leading cause of serious disability and death in bicycle crashes (WHO, 2006; WHO, 2008).

In the European Union, between 2008 and 2010, TBIs represented a considerable proportion among all road traffic injuries, particularly among those that led to hospital admission (36 % for pedestrians, 34 % for bicyclists, and 24 % for motorcycles) (EUROSAFE, 2013).

In Portugal, between 1999-2022, as reported by the National Authority on Road Safety, there were 41.645 bicyclists injured (3,7 % of the people injured in road traffic injuries in the time period) (ANSR, 1999-2022). For every 26 road traffic fatalities, one as due to a bicycle crash (ANSR, 1999-2022). The overall annual percentage of injured bicyclists has been steadily on the rising since 2010 up to 2022 (2,6 % and 6,9 %, respectively) (ANSR, 1999-2022). The highest annual number of bicyclists injured in road traffic crashes occurred in 2022 (n=2958) (ANSR, 1999-2022). This rise, as elsewhere, might result, from the rising commute with the bicycle, as a sustainable and affordable transport, among road users (WHO, 2006; WHO, 2008).

Fortunately we know the hazards of bicycling, making their prevention possible. In order to do so, it is important to follow some safety rules, such as always wearing a properly fitted bicycle helmet. It provides one of the few protections available for bicyclists, which can prevent the severity of a TBI resulting from a bicycle crash, thereby reducing the number of those killed or disabled (WHO, 2006; WHO, 2008; SAFE KIDS WORLDWIDE, 2016; Department of Transport, 2002; Kauschik *et al.*, 2015; CDC, 1995). In fact, over the years, systematic reviews have found that helmets reduce the risk of head injury by 48%-88%, severe brain

injury by 60%-88% and face injury by 23%-33%, among bicyclists of all ages (Thompson D.C. *et al.*, 2000; Elvik R, 2011; Olivier *et al.*, 2017; Høye A, 2018).

Although the effective protection that bicycle helmets provide, their use remains low among school-age children, the group for whom TBI's incidence is the highest (SAFE KIDS WORLDWIDE, 2016; Berg *et al.*, 2001; CDC, 1995). This growing concern has led to the development of this study in order to ascertain attitudes regarding 1) bicycling, 2) helmet use and 3) to identify its predictors among school-age children in Figueira da Foz Municipality (Portugal); this way allowing to responsibly place additional focus on planning bicycle helmet programs to prevent head injuries.

Methods

In order to measure the students' perceptions, attitudes and motivations regarding the use of the bicycle and helmet, we conducted a school based survey over a three year period (2014-2016), applying an anonymous questionnaire to a sample of 1294 students involving all of the Figueira da Foz Municipality Schools. The study population, were students from the 5th, 8th, and 11th grades who participated for the first time in the school health/safety program: “*Safety on Wheels - Bicycle, Skateboard and Roller-Skate - Helmet Campaign.*” The study was duly authorized by the School Boards of *Agrupamento de Escolas Figueira Mar*, *Agrupamento de Escolas do Paião*, *Escola Dr. Joaquim de Carvalho*, *Agrupamento de Escolas da Zona Urbana da Figueira da Foz* and *Agrupamento de Escolas Figueira Norte*.

The questionnaire of the “*National Survey Bike Helmet Usage*” of the US Consumer Product Safety was adapted, meeting the defined objectives.

The students were invited to complete a questionnaire, filled in a form on paper, in the classroom, at the beginning of each program session. Its completion took approximately 12 minutes.

The survey had 15 questions from which we defined and grouped the variables in study. It collected information about demographic characteristics such as age, gender, school grade, and geographical area (urban/rural). Although the survey also questioned ridership of wheeled sports (skateboard, roller/inline skates and bicycle), it focused on bicycle ridership and helmet use patterns: how many owned helmets, their frequency of use, the reasons they did or did not own and used helmets. Experience with bicycle related head injuries was derived from a question that asserted whether students ever had a head injury while riding a bicycle. If so, they were then asked to describe how it occurred. We use the term “bicyclist” to describe those who reported riding a bicycle at least once in the past year. Students were

asked “When riding the bicycle, which of the following equipments is the most important - speedometer, helmet, bottle of water, bell, lights or reflective gear?” Those, who answered the “helmet”, defined the variable “safety literacy”.

Students were asked “With what purpose and how often do you ride your bicycle?” Responses included as purpose “from home to school”, “transportation”, “recreational activity” or “sport”. Responses included as frequency “every day”, “several times a week”, “once a week”, “a few times a month”, “once a month” or “never”. Students who said that they used a helmet either “often” or “always” were considered to be helmet users.

The primary objective of the analysis was to identify factors that predicted bicycle helmet use. Bicycle ridership and helmet use were profiled using conventional descriptive statistics, by sex, school grade (used as a proxy for age), and geographic location.

Students who reported that they did not ride bicycles were excluded from the analysis. Overall, 85,8 % (1089/1269) of the students enrolled, reported riding a bicycle (study population).

The dependent variables were bicycle related head injury and helmet use.

The chi-square test was implemented. A two-sided p value of 0,05 was considered statistically significant. In order to determine independent predictors, adjusted odds ratios and 95 % confidence intervals were calculated by multivariate logistic regression analysis. Statistical analysis was conducted using SPSS™ (IBM SPSS Statistics version 21). The response rate was of 98 % (1269/1294). Most of the respondents were from 8th grade (54,5 %), followed by 11th (32,2 %) and 5th grade (13,2 %).

Results

Overall, 85,8 % (1089/1269) of the respondent students rode a bicycle, of whom 51 % (555/1089) were boys.

Purpose of Bicycling Trips

Overall, 14 % of the bicyclists reported commuting to and from school (riding at least once a month), which was higher among 8th and 5th grade (16,7 % and 12,9 %, respectively) rather than those in the 11th grade (10,9%). It was reported among 23,2 % and 12,4 % of those who attended schools in rural and urban settings, respectively. Only 1,4 %, 2,5 %, and 0,6 %, among those in the 5th, 8th and 11th grade, reported riding a bicycle every day to school, respectively.

Over half of the bicyclists (51,4 %) rode it as an utility vehicle (active transportation other than to school); around 60,3 %, 49,9 % and 50,5 %, among 5th, 8th and 11th

grade students, respectively. It was reported among 45,3 % and 52,9 % of those who attended schools in rural and urban settings, respectively.

The bicycle was used for exercise/sport by 83,7 % of the bicyclists; around 90,1 %, 83,1 % and 82 % among 5th, 8th and 11th grade students, respectively. It was reported among 81,3 % and 84,2 % of those who attended schools in rural and urban settings, respectively (TABLE I).

The majority (93,3 %) of the bicycling trips were for recreation; around 93 %, 94 % and 92 % among 5th, 8th and 11th grade students, respectively. It was reported among 94,1 % and 93,2 % of those who attended schools in rural and urban settings, respectively (TABLE I).

Bicycle-related Head Injury

Among the overall bicyclists, 26,6 % (290/1089) knew someone who had been in an crash with a head injury; while 27,5 % (299/1089) reported having such crash at least once; around 20,3 %, 28,9 % and 27,9 % among 5th, 8th and 11th grade, respectively; as well as 30,5 % and 26,7 % of those who attended schools in rural and urban settings (TABLE I). Boys were more likely to report such crashes (aOR: 1,97 $p<0,05$) (TABLE II). Only 10,4 % of those self-reported crashes involved motor-vehicles (road traffic or inopportune door openings), evidencing that most of them were caused by losing control when bicycling (the three most common): unbalance (29,1 %), pavement conditions (20 %) and road obstacles (11,7 %) (fig. 1).

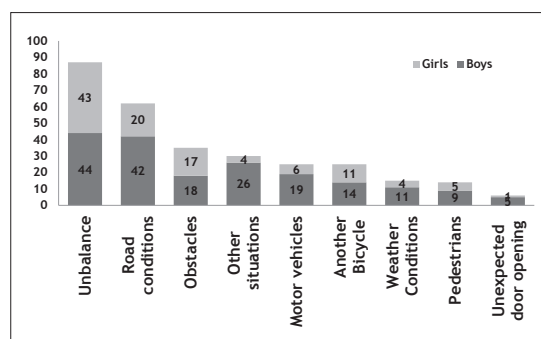


Fig. 1 - Number of self-reported bicycle accidents with head injuries, by cause, among the study cyclists' sample, in the Figueira da Foz municipality, 2014-2016.

Fig. 1 - Mecanismos causais de acidentes de bicicleta com ocorrência de traumatismo cranioencefálico, distribuídos por sexo, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016.

Safety literacy

Most of the bicyclists (76,7 %) reported the helmet as the most important equipment one should wear, where such consideration was similar among boys and girls (74,5 % and 79,0 %), rural and urban areas (77,9 % and 76,5 %)

respectively. Nonetheless, this opinion had a wider range along the school grades, from 88 %, 79,1 % to 67,2 % among the 5th, 8th and 11th grade, respectively (TABLE I).

Bicycle helmet ownership and wear

Among the 43,3 % bicyclists who reported not owning a helmet (TABLE I), around 30,8 % stated as their main reason “*riding few times*”, which was also the most common one among girls (43,2 %) while “*discomfort*” (23,8 % overall) was the one most reported among boys (28,3 %) (fig. 2).

Among the bicyclists who reported owning a helmet (56,7 %) (TABLE), over half (58,9 %) reported “*safety standards*” and 17,8 % the “*comfort*” as the main factors considered when purchasing it (fig. 3). Helmet ownership was higher among boys (57,3 %), 5th grade (67,8 %) and those that attended school in urban areas (57,1 %) (TABLE I).

Among those helmet owners, 50,3 % did not wear it regularly. The main reasons included “*riding short distances*” (25,4 %), “*forgetfulness*” (17,4 %) and “*discomfort*” (17 %) (fig. 4). Those 49,7 % wearing it regularly, reported “*safety*” (81 %) followed by “*parental encouragement*” (17,2 %) as the main factors influencing their decision.

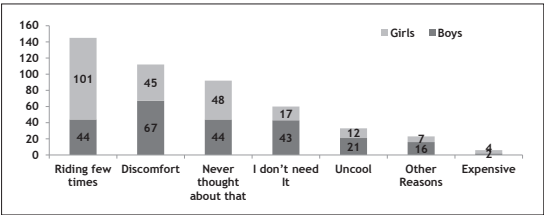


Fig. 2 - Main reasons for NOT owning a helmet, among the study cyclists' sample, in the Figueira da Foz municipality, 2014-2016 (N=471).

Fig. 2 - Principais motivos para a não titularidade do capacete, distribuídos por sexo, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016 (N=471).

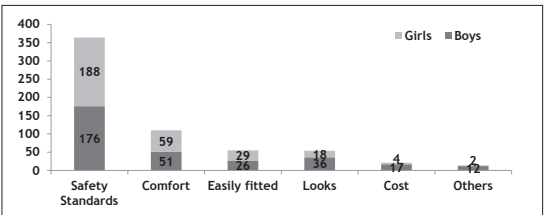


Fig. 3 - Main reasons taken into account when purchasing a helmet, among the study cyclists' sample, in the Figueira da Foz municipality, 2014-2016 (N=618).

Fig. 3 - Principais motivos considerados na aquisição de capacete, distribuídos por sexo, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016 (N=618).

TABLE I - A description of the overall study sample, bicycle ridership, owning and wearing a helmet in the Figueira da Foz municipality, 2014-2016.

TABELA I - Taxas de utilização da bicicleta, titularidade e utilização do capacete por variável em estudo, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016.

Study Variables (N=1089)	Bicyclists ^a	Bicycle Helmet Owners ^b	Bicycle Helmet Use ^b
	n (%)	n (%)	n (%)
Gender			
Boys	555 (51)	318 (57,3)	150 (27)
Girls	534 (49)	300 (56,2)	157 (29,4)
School Grade			
5 ^o th	143 (13,1)	97 (67,8)	67 (46,8)
8 ^o th	613 (56,3)	362 (59,1)	179 (29,2)
11 ^o th	333 (30,6)	159 (47,7)	61 (18,3)
Geographical Area			
Rural	203 (18,6)	112 (55,2)	49 (24,1)
Urban	886 (81,4)	506 (57,1)	258 (29,1)
Safety Literacy			
Bicycle Helmet	818 (76,7)	500 (61,1)	266 (32,5)
Lights/Reflective gear	127 (11,9)	52 (40,9)	-
Bottle of Water	77 (7,2)	30 (39,0)	-
Speedometer	32 (3,0)	21 (65,6)	-
Bell	12 (1,1)	5 (41,7)	-
Purpose of Bicycling Trips			
Commuting to School	156 (14,4)	93 (59,6)	44 (28,2)
Utility Vehicle	555 (51,4)	317 (57,1)	155 (27,9)
Recreation	1007 (93,3)	590 (58,6)	295 (29,3)
Exercise/Sport	903 (83,7)	529 (58,6)	268 (29,7)
Bicycle-related Head Injury			
	299 (27,5)	163 (54,5)	83 (27,7)
Helmet Ownership			
	618 (56,7)	-	307 (49,7)

a) read in column; b) read in line.

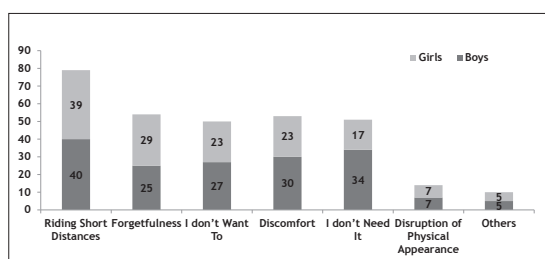


Fig. 4 - Main reasons for NOT wearing a helmet, for those cyclists among the study cyclists' sample who OWN a helmet, in the Figueira da Foz municipality, 2014-2016 (N=311).

Fig. 4 - Principais motivos para a não utilização do capacete, entre titulares, distribuídos por sexo, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016 (N=311).

Among the bicyclists, 60 % reported they never wore a helmet or did not have access to one; 28,2 % reported that they wore it for all (16 %) or more than half the rides (12,2 %); while 11,8 % reported wearing the helmet less than half of their rides.

TABLE II - Results of multiple logistic regression analysis examining direct effects of specific variables on bicycle helmet use and bicycling-related injury in the Figueira da Foz Municipality, 2014-2016.

TABELA II - Análise de regressão logística múltipla relativa aos determinantes de utilização do capacete e ocorrência de acidentes com traumatismo crânioencefálicos, em alunos ciclistas no Concelho da Figueira da Foz, 2014-2016.

Study Variables	Bicycle Helmet Use		P Value	Bicycle Related Head Injury		P Value
	n (%)	aOR (CI 95%)		n (%)	aOR (CI 95%)	
Gender						
Boys (n=555)	150 (27,0)	1,0		188 (33,9)	1,977 (1,502 -2,602)	< 0,05
Girls (n=534)	157 (29,4)	1,114 (0,836 - 1,484)	0,461	111 (20,8)	1,0	
School Grade						
11th (n=333)	61 (18,3)	1,0		93 (27,9)	1,0	-
5th (n=143)	67 (46,8)	3,638 (2,311 - 5,725)	< 0,05	29 (20,3)	0,663 (0,412 - 1,069)	0,092
8th (n=613)	179 (29,2)	1,885 (1,314 - 2,706)	a 0,05	177 (28,9)	1,008 (0,728 - 1,396)	0,963
Geographical Area						
Rural (n=203)	49 (24,1)	1,0		62 (30,5)	1,205 (0,829 - 1,750)	0,321
Urban (n=886)	258 (29,1)	1,402 (0,995 - 2,208)	0,053	237 (26,7)	1,0	
Safety Literacy						
	266 (32,5)	2,454 (1,658 - 3,632)	a 0,05	-	-	-
Purpose of Bicycling Trips						
Commuting to School	44 (28,2)	1,064 (0,701- 1,615)	0,770	-	-	-
Utility Vehicle	155 (27,9)	0,836 (0,627 - 1,115)	0,223	-	-	-
Recreation	295 (29,3)	2,814 (1,345 - 5,889)	0,006	-	-	-
Exercise/Sport	268 (29,7)	1,389 (0,917 - 2,103)	0,121	-	-	-
Bicycle-related Head Injury						
	83 (27,8)	1,089 (0,789 - 1,503)	0,604	-	-	-

aOR (adjusted odds ratio); CI (Confidence Interval).

The overall helmet wear (28,2 %), was quite similar among girls and boys, 29,4 % and 27,0 %, respectively. It was higher among those youngest (46,8 %, 29,2 % and 18,3 %, in the 5th, 8th and 11 grade, respectively) (TABLE I).

The adjusted odds of wearing the helmet was significantly higher among recreational cycling ($aOR: 2,8$; $p<0,05$), safety literacy ($aOR: 2,5$; $p<0,05$), and school grade - 5th and 8th ($OR: 3,6$; $p<0,05$ and $OR: 1,9$; $p<0,05$, respectively) hence identified as predictors associated with helmet use (TABLE II).

Discussion

Purpose of Bicycling Trips

It is evident the popularity of the bicycle among the students surveyed, higher than the one registered in the USA (61 %) (Jewett Amy *et al.*, 2012) and Canada (74 %) (Davison *et al.*, 2013).

Bicycling combines physical and recreational activity, providing also transportation environmentally sustainable. Nonetheless, safety concerns are often quoted as the most important barriers preventing a broader choose of this mean of transportation. Previous studies have shown that the fear of unsafe roads and the increased risk for bicyclists to face a crash-related injury, are powerful deterrents that may stop parents from allowing their children to cycle (WHO, 2004; WHO, 2006; WHO, 2007; Everett *et al.*, 2016; Everson *et al.*, 2003; Rivara *et al.*, 1997); Timperio *et al.*, 2006; DiGuseppi *et al.*, 1989).

The proportion of bicyclists that reported commuting to school, was similar to that estimated in other studies (fewer than 20 %) (WHO, 2004; Everett *et al.*, 2016; Everson *et al.*, 2003). High school students are less likely to commute, than those in middle school, as concluded elsewhere (Everson *et al.*, 2003; Timperio, 2006). Along with getting motorcycle driver's licence, or simply just not interested in riding the bicycle, one other possible reason is the distance from home to school which may be, on average, greater for students in high schools (Everett *et al.*, 2016; Everson *et al.*, 2003; Timperio *et al.*, 2006). Distance is a well known barrier to active school transport (WHO, 2004, Everett *et al.*, 2016; Everson *et al.*, 2003; Timperio *et al.*, 2006). Other studies, demonstrated that commuting was the most common among students who attended schools in urban settings, unlike our results (Everett *et al.*, 2016). Eighty six per cent of the bicyclists reported never having ridden from home to school, posing an interesting challenge to the school community, which is one of the main intervention areas duly stated in the National School Health Program aiming to promote sustainable transportations (DGS, 2015).

Enabling more students bicycling to school will require collaborative efforts among local government, public health and school officials, addressing school setting and bicycle infrastructure in order to ensure safe commutes (Everett *et al.*, 2016).

Bicycle-related Head Injury

Although the superficial injuries are the most common, mainly located to the arms and legs (Lindsay *et al.*, 2014; ROSPA, 2015; Rivara *et al.*, 1997; Dinh *et al.*, 2015; Teisch *et al.*, 2015) the effects of a TBI can be quite profound, disabling and long-lasting, hence creating a serious burden up on the victims' families and also on the society (WHO, 2004; Costa *et al.*, 2015; ROSPA, 2015; Scholten *et al.*, 2015; Teisch *et al.*, 2015; Zibung *et al.*, 2016). More bicyclists reported at least one crash with a head injury, than those reported in Canada (5 %) (Davison *et al.*, 2013). It can be reasoned that the frequency of reported bicycle-related head injuries is not neglectable.

Among those reporting a head injury, 89,6 % had no motor-vehicles involved, a proportion higher than that registered in the Netherlands (75 %) (SWOV, 2013). Studies have also demonstrated that most of the crashes involve only the bicyclist, often caused by falls, loss of control or collisions with other obstacles (CDC, 1995; WHO, 2007).

Boys had a higher likelihood of a reported bicycle-related head injury, a similar result to that reported in other studies and reports, which have demonstrated boys being more likely to be injured than girls (Lindsay *et al.*, 2014; Kauschik *et al.*, 2015; Jones *et al.*, 2009; Lindsay *et al.*, 2014; Klein *et al.*, 2005; NHTSA, 2020).

The higher frequency of reported head injuries among 8th and 11th grade (although not statistically significant), may be attributed to them undertaking higher risk behaviours when bicycling (ROSPA, 2015; Jones *et al.*, 2009; Lindsay *et al.*, 2014; Klein *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001). In fact, adolescence is a time for exploration, testing the limits in which the sensation-seeking may be gratifying and greatly influenced by peer pressure (WHO, 2008; Rivara *et al.*, 1997).

Although not statistically significant, head injuries also appear to be more likely among bicyclists in rural settings, as also demonstrated in other studies (Davison *et al.*, 2013).

Bicycle helmet ownership and wear

Over half of the bicyclists reported owning a helmet, similar to previous studies, ranging from 46 % to 84 % (Ross *et al.*, 2010).

Not only the percentage of bicyclists, but also the reasons for not owning a helmet are similar to those reported more than 20 years ago in Great Britain (around 40 % of bicyclists, stated "*no particular reason for not having one*", "*looked silly*", "*cost*", "*not enough risk to justify*") (Taylor *et al.*, 1996).

The proportion of those students who reported wearing the helmet regularly, was lower than in the USA and Canada (40 %) (SAFE KIDS WORLDWIDE, 2016; Jewett Amy *et al.*, 2016; Davison *et al.*, 2013).

Helmet use was slightly higher among girls, unlike in Canada, where it was higher among boys (78 %) (Davison *et al.*, 2013). It was also higher among students attending schools in urban areas unlike rural ones, which some suggest it to be related to socioeconomic factors (Klein *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001; Harlos *et al.*, 1999).

Other studies have also demonstrated higher likelihood of helmet use for recreational purposes (Klein KS *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001; Harlos *et al.*, 1999).

Age is one of the most significant individual predictors of helmet wearing. As a result, as children grow up,

they are less likely to use bicycle helmets. Its use was higher among the youngest as demonstrated elsewhere (Jewett Amy *et al.*, 2016; Davison *et al.*, 2013; Klein *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001). A study conducted in Ontario (Canada) indicated similar trend along with a higher helmet wearing among 12-14 year old and lowest among 15-18 year old, 72 % and 33 %, respectively (Irvine *et al.*, 2002).

The odds of wearing the helmet among 5th grade, was three times higher than of those in the 11th grade. This may be attributed to the fact that those youngest are more likely to comply with their parent's instructions, highlighting the educational impact concerning the helmets wearing incentive (Berg *et al.*, 2001; Jewett Amy *et al.*, 2012; Davison *et al.*, 2013; Klein *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001; Irvine *et al.*, 2002). As adolescents develop their curiosity and will to experiment, they are not always able to understand and respond to eventual hazards, often disregarding their parents, hence diminishing ones influence, as they grow older (WHO, 2008; ROSPA, 2015; Irvine *et al.*, 2002).

Over 70 % of the students did not wear the helmet regularly, although recognized as one of the few safety measures available to protect from severe head injuries in case of an accident (Dinh *et al.*, 2015; Irvine *et al.*, 2002; Zibung *et al.*, 2015; Sethi *et al.*, 2015; Kett *et al.*, 2016; Persaud *et al.*, 2012). In fact, more than half reported never wearing the helmet, unlike other studies which have shown data around 30 % (Jewett Amy *et al.*, 2016).

Previous studies have consistently noted several barriers to helmet wear, which are quite similar to those present in our findings. Among those barriers we have cost, lack of knowledge regarding its effectiveness, negative peer pressure, riding short distances, discomfort, forgetfulness, inconvenience, disruption of physical appearance, concerns about ridicule, and socioeconomic factors (Berg *et al.*, 2001; EURO SAFE, 2013; DEPARTMENT OF TRANSPORT, 2002; CDC, 1995; Klein *et al.*, 2005; Lajunen *et al.*, 2001; Ross *et al.*, 2010; A Irvine *et al.*, 2002).

It is worth to point out a reason mentioned by a bicyclist for not wearing the helmet: *"I've never hit my head"*. It is worrisome when their safety and risk perceptions, once waiting for such injuries to happen, only then considering the need for protection gear. It is evident the unperceived vulnerability to injury as well as to the ability of the helmet to prevent head injuries, also widely demonstrated in other studies (Kett *et al.*, 2016; Persaud *et al.*, 2012).

Nonetheless, *"safety"* and *"parental encouragement"* were registered as the main reasons among those who reported wearing the helmet, as demonstrated in other

studies (Berg *et al.*, 2001; Lajunen *et al.*, 2001). Hence, suggesting continued needed investment in a safety culture influencing parents and peer opinions about safety benefits of bicycle helmets (Berg *et al.*, 2001; Lajunen *et al.*, 2001).

It is essential to understand the individual perceptions and external influences that predict helmet use in order to effectively develop educational promotion programs. Whatever the prevention strategies considered, it is necessary to take into account the children's development in their different contexts and often in dynamic change (WHO, 2006; WHO, 2008). Approaches to overcome some of those known barriers to bicycle helmets include community-based programs and bicycle helmet legislation, which might be particularly effective among school-age children (WHO, 2006; WHO, 2008; Kauschik *et al.*, 2015; CDC, 1995; Jewett Amy *et al.*, 2016; Kett *et al.*, 2016). Several studies have consistently demonstrated in several countries, a direct link between highest rates of bicycle helmet use and the existence of safety intervention programs to promote it (WHO, 2006; WHO, 2007).

There has been a heightened awareness of the importance of wearing helmets: from parents ever more aware of the protection that helmets offer, along with safety standards, helmet legislation, public educational campaigns and better-fitting-looking bicycle helmets have been contributing to encourage helmet use (WHO, 2006; WHO, 2008; Monclus J, 2013).

Limitations

As with all studies, the findings of this one are subject to limitations, which should be considered when interpreting the results. Such findings were based on self-reported information by students following the application of questionnaires, in order to measure their behaviours. Once few evidence is available on reliability and validity of self-reports, there is a risk of both over and underreporting (Brener *et al.*, 2003). The results do not include any observations, hence including several biases such as memory effects, interpretation (possible misunderstanding of questions) and social desirability (Ross TP *et al.*, 2010). Also, the categorization of the variables *"Purpose"*, *"Frequency of Helmet Use"* and *"Geographical Area"* determined a classification bias. Frequency of bicycle and helmet use, were assessed with descriptive terms (*"never"* through to *"always"*) rather than specific periods of time, which may have been misinterpreted by participants. Although the overall study limitations, its results may reflect in some way, those of the overall population offering rapid preliminary and exploratory results. This kind of study is suitable for rapid assessment of groups in a population (Rothman *et al.*, 1998).

Conclusions

Age, safety literacy, and cycling for recreational purposes were identified as the strongest predictors of helmet use in the Figueira da Foz District. In fact, helmet use was higher among children as opposed to adolescents. Although 76,7 % of the bicyclists considered the helmet the most important equipment, its use remained low as only 28,2 % reported wearing it regularly, evidencing a serious lack of pro-activity in its use, which puts a lot of them at a serious risk for TBI in case of a head injury. Such findings present serious reasons for concern, which should be integrated in planning community campaigns promoting bicycle helmet use in Portugal. Such interventions require collaborative efforts among local government officials. One of such should include school-based programs, prioritizing adolescents, over a long period of time, in order to endure those aimed changes in attitudes.

The long time due attention by the duly officials in mobilizing such interventions may help our current reality, once those who begin wearing bicycle helmets early on, are more likely to act accordingly as adults.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge the valuable contributions of the following people: Carla Lopes (Agrupamento de Escolas Figueira Mar), Celestina Costa (Agrupamento de Escolas do Paião), Madalena Monteiro (Escola Dr. Joaquim de Carvalho), Isabel Santos (Agrupamento de Escolas da Zona Urbana da Figueira da Foz) and Cristina Pedrosa (Agrupamento de Escolas Figueira Norte).

Sincere thanks also go to Gregória Paixão Von Amann (DGS) and Helena Sacadura Botte (APSI).

Referências Bibliográficas

A Irvine, Rowe, B. H., & Sahai, V. (2002). Bicycle Helmet-Wearing Variation and Associated Factors in Ontario Teenagers and Adults. *Canadian Journal of Public Health*, 2002 Sep-Oct; 93(5):368-73.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03404572>

ANSR - AUTORIDADE NACIONAL DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA (1999-2022). Relatórios Anuais. *Observatório de Segurança Rodoviária*, 1999-2022. Available at <http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>.

Berg, P., & Westerling, R. (2001). Bicycle helmet use among schoolchildren--the influence of parental involvement and children's attitudes. *Injury prevention : journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 7(3), 218-222.
DOI: <https://doi.org/10.1136/ip.7.3.218>

Brener, N. D., Billy, J. O., & Grady, W. R. (2003). Assessment of factors affecting the validity of self-reported health-risk behavior among adolescents: evidence from the scientific literature. *The Journal of adolescent health: official publication of the Society for Adolescent Medicine*, 33(6), 436-457.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s1054-139x\(03\)00052-1](https://doi.org/10.1016/s1054-139x(03)00052-1)

CDC - CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (1995). *Morbidity and Mortality Weekly Report: "Injury Control Recommendations - Bicycle Helmets"* - February 17, 1995 / Vol.44 / n.º RR-1 - US Department Of Health and Human Services - CDC.

Costa, C. K., Dagher, J. H., Lamoureux, J., de Guise, E., & Feyz, M. (2015). Societal cost of traumatic brain injury: A comparison of cost-of-injuries related to biking with and without helmet use. *Brain injury*, 29(7-8), 843-847.
DOI: <https://doi.org/10.3109/02699052.2015.1004758>

Davison, C. M., Torunian, M., Walsh, P., Thompson, W., McFaul, S., & Pickett, W. (2013). Bicycle helmet use and bicycling-related injury among young Canadians: an equity analysis. *International journal for equity in health*, 12, 48.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-9276-12-48>

Department of Transport (2002). "Bicycle Helmets - A review of their effectiveness: a critical review of the Literature". *Road Safety Research Report*, n.º 30, November 2002. Available at: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/default/files/specialist/knowledge/pdf/ref_54_helmets.pdf

DiGuseppi, C. G., Rivara, F. P., Koepsell, T. D., & Polissar, L. (1989). Bicycle helmet use by children. Evaluation of a community-wide helmet campaign. *JAMA*, 262(16), 2256-2261.

Dinh, M. M., Kastelein, C., Hopkins, R., Royle, T. J., Bein, K. J., Chalkley, D. R., & Ivers, R. (2015). Mechanisms, injuries and helmet use in cyclists presenting to an inner city emergency. *Emergency medicine Australasia: EMA*, 27(4), 323-327.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1742-6723.12407>

DGS - DIREÇÃO GERAL DA SAÚDE (2015). *Programa Nacional de Saúde Escolar|2015*. Direção-Geral da Saúde, Ministério da Saúde. Lisboa, Portugal. Available in <https://www.dgs.pt/directrizes-da-dgs/normas-e-circulares-normativas/norma-n-0152015-de-12082015.aspx>

Elvik R. (2011). Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicycle helmet efficacy: a re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001. *Accident; analysis and prevention*, 43(3), 1245-1251.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.01.007>

- Eufrásio R, Vitória F, Branco M. (2015). "Safety on Wheels: Helmet, Lights, Action - Epidemiological Study on 3rd grade students, in the Figueira da Foz's District". Resumo IV Congresso Nacional de Saúde Pública (2014). *Portugal Health in Numbers - Scientific Magazine of the Direção Geral da Saúde*, number 03, page.53. Lisbon, March 2015.
- EURO SAFE (2013). *Injuries in the European Union, Report on injury statistics 2008-2010*. Amsterdam. Available in http://ec.europa.eu/health/data_collection/docs/idb_report_2013_en.pdf
- Everett, J. S. & Sliwa, S. (2016). School Factors Associated With the Percentage of Students Who Walk or Bike to School, School Health Policies and Practices Study, 2014. *Prev Chronic Dis*; 13:150573. DOI: <http://dx.doi.org/10.5888/pcd13.150573>
- Evenson, K. R., Huston, S. L., McMillen, B. J., Bors, P., & Ward, D. S. (2003). Statewide prevalence and correlates of walking and bicycling to school. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 157(9), 887-892. DOI: <https://doi.org/10.1001/archpedi.157.9.887>
- Harlos, S., Warda, L., Buchan, N., Klassen, T. P., Koop, V. L., & Moffatt, M. E. (1999). Urban and rural patterns of bicycle helmet use: factors predicting usage. *Injury prevention: journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 5(3), 183-188. DOI: <https://doi.org/10.1136/ip.5.3.183>
- Høye A. (2018). Bicycle helmets - To wear or not to wear? A meta-analyses of the effects of bicycle helmets on injuries. *Accident; analysis and prevention*, 117, 85-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.026>
- Jewett, A., Beck, L. F., Taylor, C., & Baldwin, G. (2016). Bicycle helmet use among persons 5years and older in the United States, 2012. *Journal of safety research*, 59, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.09.001>
- Jones, S. E., & Shults, R. A. (2009). Trends and subgroup differences in transportation-related injury risk and safety behaviors among US high school students, 1991-2007. *The Journal of school health*, 79(4), 169-176. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2008.00386.x>
- Kaushik, R., Krisch, I. M., Schroeder, D. R., Flick, R., & Nemergut, M. E. (2015). Pediatric bicycle-related head injuries: a population-based study in a county without a helmet law. *Injury epidemiology*, 2(1), 16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40621-015-0048-1>
- Kett, P., Rivara, F., Gomez, A., Kirk, A. P., & Yantsides, C. (2016). The Effect of an All-Ages Bicycle Helmet Law on Bicycle-Related Trauma. *Journal of community health*, 41(6), 1160-1166. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10900-016-0197-3>
- Klein, K. S., Thompson, D., Scheidt, P. C., Overpeck, M. D., Gross, L. A., & HBSC International Investigators (2005). Factors associated with bicycle helmet use among young adolescents in a multinational sample. *Injury prevention: journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 11(5), 288-293. DOI: <https://doi.org/10.1136/ip.2004.007013>
- Kotler, D. H., Babu, A. N. & Robidoux. G. (2016). Prevention, Evaluation, and Rehabilitation of Cycling-Related Injury. *Curr Sports Med Rep*, May-Jun;15(3): 199-206. DOI: <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000262>
- Lajunen, T. & Rasanenb, M. (2001). Why teenagers owning a bicycle helmet do not use their helmet. *J Saf Res*, 32(3):323-32. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(01\)00056-1](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(01)00056-1)
- Lindsay, H., & Brussoni, M. (2014). Injuries and helmet use related to non-motorized wheeled activities among pediatric patients. *Chronic diseases and injuries in Canada*, 34(2-3), 74-81.
- Monclús, J. (2013). "Casco de ciclistas". Fundación MAPFRE, February 2013. Available in http://archive.etsc.eu/documents/MAPFRE_Bicycle_helmets_2013.pdf
- NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (2022). Traffic Safety Facts 2020 Data - Bicyclists and Other Cyclists, June 2022. Available at: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813406>
- Olivier J. & Creighton P. (2017). Bicycle injuries and helmet use: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*, 2017, 278-292. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dyw153>
- Persaud, N., Coleman, E., Zwolakowski, D., Lauwers, B., & Cass, D. (2012). Nonuse of bicycle helmets and risk of fatal head injury: a proportional mortality, case-control study. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, 184(17), E921-E923. DOI: <https://doi.org/10.1503/cmaj.120988>
- Rivara F.P., Thompson D.C., Thompson R.S. (1997). Epidemiology of bicycle injuries and risk factors for serious injury. *Injury prevention: Journal of the International Society for Child and Adolescent Injury Prevention*, 3(2), 110-114. DOI: <https://doi.org/10.1136/ip.3.2.110>
- ROSPA (2015). The Royal Society for the Prevention of Accidents - "Cycling Accidents". Road Safety Information Fact sheet, November, 2015. Available in <http://www.rosipa.com/rosipaweb/docs/advice-services/road-safety/cyclists/cycling-accidents-factsheet.pdf>
- Ross, T. P., Ross, L. T., Rahman, A., & Cataldo, S. (2010). The bicycle helmet attitudes scale: using the

- health belief model to predict helmet use among undergraduates. *Journal of American college health: J of ACH*, 59(1), 29-36.
DOI: <https://doi.org/10.1080/07448481.2010.483702>
- Rothman, K. J., Greenland, S. (1998). *"Modern Epidemiology"* 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven.
- SAFE KIDS WORLDWIDE (2016). "Bicycle, Skate and Skateboard Safety Fact Sheet", 2016. Available in http://www.safekids.org/sites/default/files/documents/skw_bike_fact_sheet_2016.pdf
- Schroeder, P. & Wilbur, M. (2013, October). *2012 National survey of bicyclist and pedestrian attitudes and behavior, volume 1: Summary report*. (Report No. DOT HS 811 841 A). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. Available at <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/811841b.pdf>
- Scholten, A. C., Polinder, S., Panneman, M. J., van Beeck, E. F., & Haagsma, J. A. (2015). Incidence and costs of bicycle-related traumatic brain injuries in the Netherlands. *Accident; analysis and prevention*, 81, 51-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.022>
- Sethi, M., Heidenberg, J., Wall, S. P., Ayong-Chee, P., Slaughter, D., Levine, D. A., Jacko, S., Wilson, C., Marshall, G., Pachter, H. L., & Frangos, S. G. (2015). Bicycle helmets are highly protective against traumatic brain injury within a dense urban setting. *Injury*, 46(12), 2483-2490.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.07.030>
- SWOV - INSTITUTE FOR ROAD SAFETY RESEARCH (2013). "Swov Fact sheet: Bicycle Helmets". Swov, Leidschendam, the Netherlands, August 2013. Available in http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Cyclists.pdf
- Taylor, S. B., & Halliday, M. E. (1996). "Cycle Helmet Wearing in Great Britain". TRL Report 156.
- Teisch, L. F., Allen, C. J., Tashiro, J., Golpanian, S., Lasko, D., Namias, N., Neville, H. L., & Sola, J. E. (2015). Injury patterns and outcomes following pediatric bicycle accidents. *Pediatric surgery international*, 31(11), 1021-1025.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00383-015-3756-2>
- Thompson, D. C., Rivara, F. P., & Thompson, R. (2000). Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. *The Cochrane database of systematic reviews*, 1999(2), CD001855.
DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001855>
- Timperio, A., Ball, K., Salmon, J., Roberts, R., Giles-Corti, B., Simmons, D., Baur, L. A., & Crawford, D. (2006). Personal, family, social, and environmental correlates of active commuting to school. *American journal of preventive medicine*, 30(1), 45-51.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.08.047>
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2004). "Preventing road traffic injury: a public health perspective for Europe". World Health Organization, Regional Office for Europe, Denmark. Available at http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/87564/E82659.pdf
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006). "Helmets: a road safety manual for decision-makers and practitioners". World Health Organization, Geneva. Available at http://www.who.int/roadsafety/projects/manuals/helmet_manual/en/index.html
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2007). "Youth and Road Safety in Europe - Policy Briefing". WHO European Centre for Environment and Health, Rome - WHO Regional Office for Europe. Available at http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/98454/E90142.pdf?ua=1
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2008). "World Report on Child Injury Prevention 2008". World Health Organization, Geneva, Switzerland. Available in http://www.who.int/violence_injury_prevention/child/injury/world_report/en/
- Zibung, E., Riddez, L., & Nordenvall, C. (2016). Impaired quality of life after bicycle trauma. *Injury*, 47(5), 1078-1082. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.11.015>
- Zibung, E., Riddez, L., & Nordenvall, C. (2015). Helmet use in bicycle trauma patients: a population-based study. *European journal of trauma and emergency surgery: official publication of the European Trauma Society*, 41(5), 517-521.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00068-014-0471-y>

DIRETIVA SEVESO III E A INFORMAÇÃO PÚBLICA, UM CASO DE ESTUDO*

PUBLIC INFORMATION AND THE SEVESO III DIRECTIVE: A CASE STUDY

145

Henrique Vicêncio

Universidade Nova de Lisboa, GeoBioTec (Portugal)

Faculdade de Ciências e Tecnologia

ORCID 0000-0002-1465-7041 Henrique.Vicencio@gmail.com

RESUMO

A Diretiva SEVESO III transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto, atribui às câmaras municipais um papel importante na informação que deve ser transmitida às populações, nomeadamente sobre medidas de autoproteção para fazer face a acidentes industriais. Este artigo pretende analisar a informação pública prestada a uma população localizada numa área confinante a uma indústria abrangida pela Diretiva SEVESO III. Considerou-se para este estudo a ADP Fertilizantes, de elevado nível de perigosidade e localizada no concelho de Vila Franca de Xira. Uma percentagem significativa dos inquiridos (40,5 %), não foi informada de que vivia ou trabalhava numa zona de risco industrial. A quase totalidade dos inquiridos não tinha conhecimento da realização de exercícios de emergência face a um cenário de acidente industrial (91 %) e não conheciam o Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila Franca de Xira (78 %). Os resultados deste estudo poderão sugerir que em Portugal a informação pública tem vindo a ser insuficiente para cumprir a Diretiva SEVESO III.

Palavras-chave: Risco industrial, Diretiva SEVESO III, informação pública, medidas de autoproteção.

ABSTRACT

The Seveso-III Directive, transposed into national law by Decree-Law no 150/2015, of 5 August, gives municipal councils an important role in providing information to the public, particularly on self-protection measures to deal with industrial accidents. This article aims to analyse the information provided to a population located in an area neighbouring an industry covered by the Seveso-III Directive. ADP Fertilizantes, a major risk industry located in the municipality of Vila Franca de Xira, was chosen for this study. A significant percentage of respondents (40.5 %) were not informed that they live or work in an industrial risk area. Almost all respondents were unaware of any emergency drills to respond to an industrial accident scenario (91 %) and did not know the Civil Protection Emergency Plan operated in Vila Franca de Xira (78 %). The results of this study might suggest that public information in Portugal has been insufficient to comply with the Seveso-III Directive.

Keywords: Industrial risk, Seveso-III Directive, public information, self-protection measures.

* O texto desta nota foi submetido em 12-12-2022, sujeito a revisão por pares a 18-02-2023 e aceite para publicação em 26-06-2023.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Flixborough (Reino Unido, 1974), Seveso (Itália, 1976), Bhopal (Índia, 1984), Basel (Suíça, 1986), Enschede (Holanda, 2000), Toulouse (França, 2001) e Buncefield (Reino Unido, 2005) são exemplos de grandes catástrofes industriais (UNEP, 2010). Neste tipo de acidentes a libertação de nuvens tóxicas ou a ocorrência de explosões, têm sido responsáveis por impactos sociais (mortos, feridos e desalojados), estruturais e ambientais elevados.

A informação pública sobre medidas preventivas a adotar pela população, antes, durante e depois deste tipo de eventos é uma componente fundamental na redução do risco e tem sido estudada por inúmeros autores (e.g. Marchi 1991, Poumadère *et al.*, 2010, Di Mauro *et al.*, 2011).

Após o acidente de Seveso, foi publicada em 1982 uma diretiva europeia para prevenir novas catástrofes industriais (Diretiva do Conselho 82/501/EEC). Após esta primeira publicação (também conhecida como Diretiva SEVESO I) foram publicadas mais duas diretivas, em 1996 (Diretiva SEVESO II; Diretiva do Conselho 96/82/EC) e 2012 (Diretiva SEVESO III; Diretiva do Conselho 2012/18/EU, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto). No entanto, a gestão do risco industrial não mudou significativamente entre a Diretiva SEVESO I e a SEVESO III, mas na terceira versão foi dado um maior enfoque na informação pública sobre o risco e medidas de autoproteção.

É de salientar que a Lei de Bases da Proteção Civil (Lei n.º 80/2015 de 3 de agosto) no seu artigo 4º (Objetivos e domínios de atuação) considera importante a informação e formação das populações, visando a sua sensibilização em matéria de autoproteção e de colaboração com as autoridades. Apesar desta obrigatoriedade, existem estudos que evidenciaram a falta de informação às populações que vivem em zonas de risco industrial. Di Mauro *et al.* (2012) e Ribeiro (2019) estudaram a informação fornecida às populações sobre as indústrias Seveso na região da Lombardia (Itália) e Sintra (Portugal), respetivamente. Os dois estudos concluíram que uma parte da população não tinha sido informada de que vivia ou trabalhava numa área de risco industrial nem que medidas de autoproteção deveria adotar em caso de um acidente industrial.

Portugal tem mais de 170 estabelecimentos industriais abrangidos por esta diretiva, sendo 67 de nível superior, caracterizadas por possuírem substâncias perigosas em quantidades que podem colocar em perigo as populações vizinhas. Este número elevado de indústrias, que em muitas situações confinam com áreas residenciais, comerciais e até com estabelecimentos de ensino, justifica uma análise

sobre a informação pública que tem vindo a ser prestada às populações em risco. Em Portugal, até 2015 a análise de risco constante dos planos municipais de emergência de proteção civil era considerada reservada (Comissão Nacional de Proteção Civil, 2008). Esta imposição dificultava a informação pública e, por conseguinte, o conhecimento do risco por parte da população. Com a aprovação da Diretiva de Critérios e Normas Técnicas para Elaboração e Operacionalização de Planos de Emergência de Proteção Civil (Comissão Nacional de Proteção Civil, 2015), a análise de risco constante dos planos de emergência internos e externos pode ser divulgada à população. A publicação do Decreto-lei 150/2015, de 5 de agosto, transpõe a Diretiva SEVESO III para o direito nacional e atribuiu às câmaras municipais um papel importante na informação que deve ser prestada à população. O nível local deve informar a população sobre o risco e as medidas de autoproteção a adotar em caso de acidente.

Este trabalho tem como objetivos (i) ter uma primeira perceção sobre o conhecimento que a população que reside ou trabalha nas imediações de uma indústria Seveso tem sobre o risco de acidentes industriais e (ii) se o nível local tem informado a população sobre as medidas de autoproteção a adotar em caso de acidente industrial. Tendo em conta o tamanho da amostra (número de inquéritos realizados) este estudo é preliminar, não poderão ser tiradas conclusões objetivas para a população do concelho de Vila Franca de Xira.

Selecionou-se como caso de estudo a envolvente à indústria ADP Fertilizantes, de nível superior de perigosidade, localizada no concelho de Vila Franca de Xira (fig. 1). Em 1973, ocorreram neste estabelecimento duas fugas de amoníaco nos dias 25 de julho e 11 de dezembro (Anónimo 1973a, 1973b), que causaram pânico na população não se tendo verificado mortes e feridos.

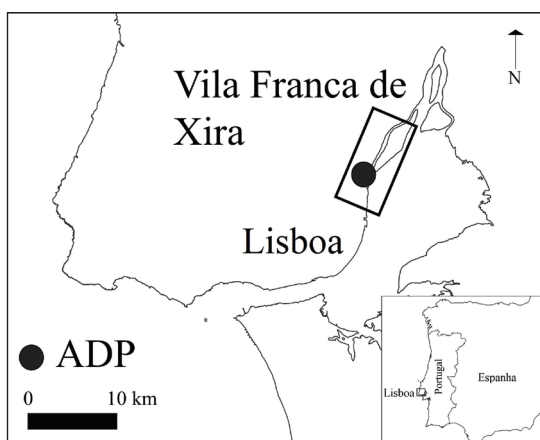


Fig. 1 - Localização da ADP Fertilizantes.

Fig. 1 - ADP Fertilizantes location.

Metodologia

Para se alcançarem os objetivos deste estudo foi seguida a seguinte metodologia: (i) considerou-se uma área de estudo na envolvente à ADP Fertilizantes. Esta área foi definida com base num cenário de acidente constante do seu plano de emergência externo (Certitecna, 2010) e não foi realizada nenhuma cenarização com base em modelos informáticos; (ii) elaborou-se um inquérito para se realizar à população; (iii) realizaram-se 40 inquéritos presenciais na área de estudo. A escolha dos inquiridos foi aleatória, mas restrita a pessoas que habitavam ou trabalhavam nas freguesias confinantes com o estabelecimento industrial. O inquérito realizou-se numa área comercial onde a abordagem aos inquiridos foi facilitada pela maior presença de pessoas. Tendo em conta o número de habitantes existentes no concelho de Vila Franca de Xira em 2021 segundo o censo de 2021 (137529) e o número de inquéritos realizados, os resultados deste estudo não poderão ser generalizados ao concelho de Vila Franca de Xira. Estes representarão uma primeira perceção sobre a informação pública prestada à população que se localiza nas imediações de uma unidade industrial de alta perigosidade.

Apresentam-se cinco cenários (TABELA I) de fuga de amoníaco e as respetivas distâncias de perigo (Certitecna, 2010). Para cada cenário, e de acordo com o plano de emergência externo, consideraram-se duas distâncias com diferentes impactos. Com essas distâncias calcularam-se dois *buffers* centrados na ADP Fertilizantes: o mais próximo da fábrica corresponde à área onde a população poderá morrer por inalação do gás; o outro, mais afastado, é caracterizado pela possibilidade da ocorrência de efeitos irreversíveis para a saúde humana (e.g. lesões permanentes nos pulmões). Por exemplo, em caso de fuga de amoníaco, no cenário A a população que se localiza a uma distância menor do que 1135 m da ADP Fertilizantes poderá morrer, enquanto a população que se localize entre 1135 e 3225 m pode sofrer efeitos irreversíveis na sua saúde. É importante referir-se que numa situação real, a intensidade e direção do vento, o relevo do local, a distribuição espacial dos elementos em perigo (estruturais e humanos), a concentração demográfica e a hora do acidente, serão alguns dos fatores influenciadores das áreas geográficas mais atingidas por uma fuga deste tipo. Cruzando os cenários da TABELA I, com os elementos em perigo (e.g. população, edificado), pode concluir-se que uma fuga de amoníaco na ADP Fertilizantes pode ser responsável por graves impactos na população de Vila Franca de Xira. Bruno (2012) concluiu da análise de suscetibilidades e do ordenamento do território no concelho de Vila Franca de Xira que para o cenário B, existiam 4155 edifícios (habitação, serviços, comércio, equipamentos, etc.) localizados na área de morte, e 16851 edifícios na zona de danos irreversíveis para a saúde humana.

TABELA I - Cinco cenários de fuga de amoníaco e respetivos efeitos, considerados no plano de emergência externo da ADP Fertilizantes (Certitecna, 2010).

TABLE I - Five ammonia leakage scenarios and respective effects, considered in ADP Fertilizantes' external emergency plan (Certitecna, 2010).

Cenário	Distâncias ao local da fuga (m)	
	Morte	Efeitos irreversíveis para a saúde humana
A	1135	1135 - 3225
B	1950	1950 - 4995
C	260	260 - 640
D	800	800 - 1625
E	45	45 - 165

Para definir a área de estudo na envolvente à ADP Fertilizantes optou-se pela utilização do cenário A. Tendo em conta as distâncias dos efeitos que provocam a morte (TABELA I), este cenário poderá não ser o mais gravoso, mas poderá provocar elevados danos na população (o cenário B poderá apresentar uma área de morte mais extensa). Considerou-se um círculo com raio de 1135 m a partir do centro do ADP (fig. 2) e identificou-se no seu interior um local onde fosse possível proceder a inquéritos junto da população, dentro da área de morte. Os inquéritos realizaram-se numa área comercial, localizada a norte da ADP Fertilizantes (fig. 2). Durante o mês de fevereiro de 2021 foram realizados 40 inquéritos presenciais e os respondentes foram selecionados aleatoriamente. Os inquéritos seguiram o modelo de administração indireta, ou seja, foi preenchido pelo entrevistador a partir das respostas fornecidas pelos entrevistados. Foram inquiridas as pessoas que habitam ou trabalham nas freguesias do Forte da Casa e Alverca do Ribatejo - Sobralinho (freguesias confinantes com a ADP Fertilizantes) (fig. 2).

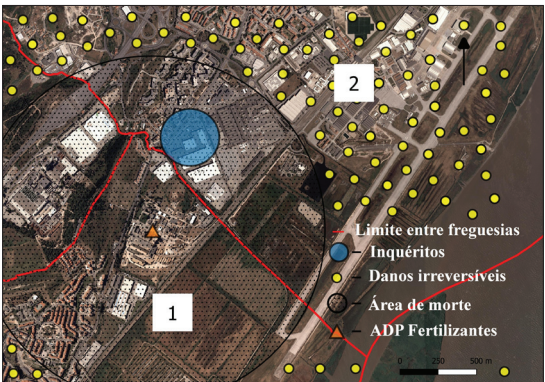


Fig. 2 - Localização da ADP Fertilizantes; áreas de morte e de efeitos irreversíveis para a saúde humana (cenário A) (Certitecna, 2010); localização do local onde se realizaram os inquéritos. Freguesias: 1 - Forte da Casa; 2 - Alverca do Ribatejo e Sobralinho.

Fig. 2 - Location of ADP Fertilizantes; areas of death and irreversible effects on human health (scenario A) (Certitecna, 2010); place where the surveys were carried out. Parishes: 1 - Forte da Casa; 2 - Alverca do Ribatejo and Sobralinho.

No inquérito utilizado colocaram-se nove questões aos inquiridos: (1) se sabiam que vivem ou trabalham numa área de risco industrial; (2) no caso de conhecerem esse risco, de que forma adquiriram esse conhecimento; (3) se presenciaram um acidente industrial; (4) se participaram num exercício; (5) se conheciam a existência do Serviço Municipal de Proteção Civil (SMPC) de Vila Franca de Xira; (6) se tinham conhecimento da existência de um Plano Municipal de Emergência da Proteção Civil (PMECP); (7) se receberam informação sobre outros riscos existentes no seu concelho; (8) se procuraram informações sobre os riscos existentes no seu concelho; (9) se gostariam de ser informados sobre os riscos existentes nas suas áreas residências e de trabalho. Para as questões atrás referidas as possibilidades de resposta eram sim/não. No início do inquérito, foram colocadas algumas questões sobre o género, idade e habilitações académicas.

Resultados

As percentagens de mulheres e homens inquiridos foram de 53 % e 47 % respetivamente, as idades dos entrevistados variaram entre 19 e 70 anos ($\bar{x}$ = 41,8 e dp = 15), com a seguinte distribuição etária: 19-31 anos

(30 %), 32-50 anos (40 %) e 51-70 anos (30 %). A análise das habilitações académicas dos inquiridos revelou que 19 % tinham terminado o ensino básico (9 anos de escolaridade), 51 % o secundário e 30 % o superior.

Uma percentagem significativa dos entrevistados (40,5 %) não sabia que vive ou trabalha numa área de risco industrial (fig. 3a). Os restantes inquiridos (59,5 %) foram informados pelos vizinhos sobre esses riscos (44,8 %), pelos meios de comunicação social (27,2 %), pela ADP Fertilizantes (16,8 %) e uma pequena percentagem (11,2 %) pela câmara municipal de Vila Franca de Xira (fig. 3b). Cerca de um terço dos entrevistados (32,4 %) presenciou um acidente industrial (fig. 3c), mas a maioria dos entrevistados (91 %) não tinha conhecimento da realização de nenhum exercício (fig. 3d).

A maioria dos entrevistados (59 %) não conhece o SMPC de Vila Franca de Xira (fig. 4a) e a maioria (78 %) não tinha conhecimento da existência de um Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil (fig. 4b). Apenas 11 % dos entrevistados receberam informação sobre outros riscos (e.g. sismos, inundações, deslizamentos de terra) existentes no concelho (fig. 4c).

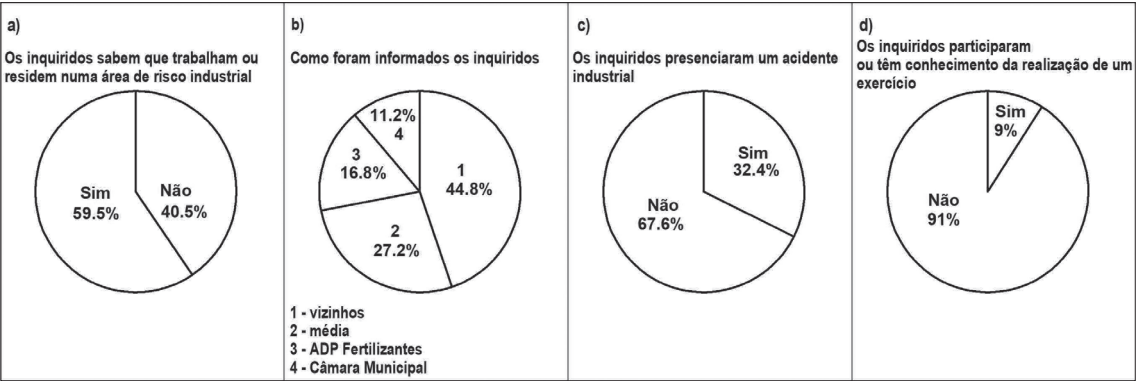


Fig. 3 - Resultados dos inquéritos relativamente: (a) ao conhecimento sobre o risco industrial; (b) meios de informação sobre o risco; (c) vivência de um acidente industrial; (d) participação ou conhecimento da realização de um exercício.

Fig. 3 - Survey results regarding: (a) knowledge about industrial risk; (b) risk information media; (c) experience of an industrial accident; (d) participation in or knowledge of a drill.

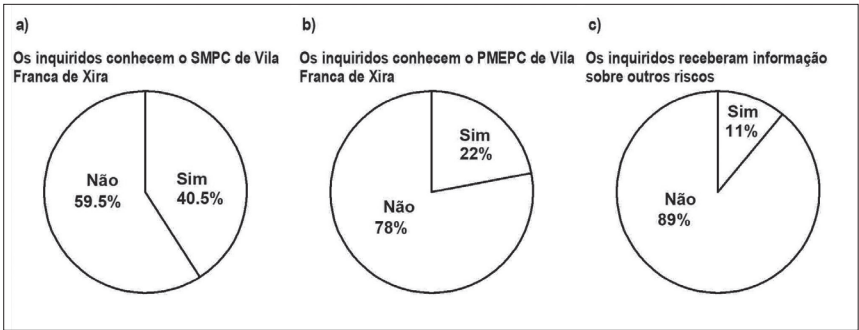


Fig. 4 - Resultados dos inquéritos relativos a: (a) conhecimento sobre o SMPC de Vila Franca de Xira; (b) conhecimento do Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil (PMECP) de Vila Franca de Xira; (c) informação sobre outros riscos.

Fig. 4 - Survey results concerning: (a) knowledge about the Municipal Civil Protection Service in Vila Franca de Xira; (b) knowledge about the Municipal Civil Protection Emergency Plan for Vila Franca de Xira; (c) information about other risks.

Mais de metade dos inquiridos (57 %) não tinham procurado informações sobre os riscos existentes nessas áreas (fig. 5a) e a maioria dos respondentes (97 %) gostaria de ser informada sobre os riscos existentes nas suas áreas de residência e de trabalho (fig. 5b).

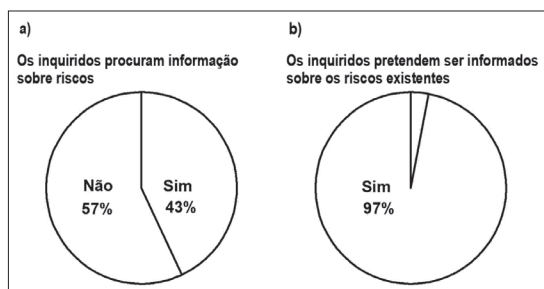


Fig. 5 - Resultados dos inquéritos relativos a:
 (a) Os inquiridos procuram informação sobre riscos;
 (b) Os inquiridos pretendem ser informados sobre riscos.

Fig. 5 - Survey results relating to:
 (a) Respondents who sought information about risks;
 (b) Respondents who wanted to be informed about risks.

Discussão

Neste estudo, 59,5 % dos entrevistados têm conhecimento de que vivem ou trabalham numa área de risco industrial. Este valor é inferior ao resultado obtido por Pereira (2008) no seu estudo sobre a perceção social do risco na envolvente ao Complexo Químico de Estarreja (Portugal): a maioria dos inquiridos (81 %) tinha conhecimento da possibilidade da ocorrência de um acidente industrial nas suas áreas de residência. Esta diferença poderá ser explicada pelo fato de em 1988 terem sido realizadas campanhas de informação pública e simulacros em Estarreja. Estas ações foram realizadas pela administração central e local, em articulação com entidades públicas e privadas (Resolução do Conselho de Ministros 35/87). Provavelmente, essas ações ainda foram lembradas pela população inquirida por Pereira em 2008.

No concelho de Vila Franca de Xira, uma parte significativa dos entrevistados (40,5 %) não sabia que morava ou trabalhava numa área suscetível à ocorrência de um acidente industrial grave. Ribeiro (2019) estudou a informação prestada à população do concelho de Sintra (Portugal), residente nas imediações de duas fábricas de nível inferior de perigosidade e abrangidas pela Diretiva SEVESO III. Os resultados obtidos por Ribeiro (2019) foram semelhantes aos deste estudo: metade dos inquiridos não sabia que residia ou trabalhava numa área suscetível à ocorrência de acidentes industriais. Pereira (2008) concluiu que em Estarreja, 63 % dos inquiridos nunca foram informados sobre os potenciais riscos relacionados com o Complexo Químico de Estarreja.

A maioria dos entrevistados na área circundante à ADP Fertilizantes, não conhece o Serviço Municipal de

Proteção Civil nem o Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil. Este desconhecimento poderá sugerir que o concelho de Vila Franca de Xira não tem um sistema de aviso que informe a população da ocorrência de um acidente na ADP Fertilizantes.

A Diretiva SEVESO III apresenta um grande enfoque na comunicação pública do risco e nas medidas de autoproteção. Os resultados deste estudo sugerem que o município de Vila Franca de Xira poderá não ter informado uma parte significativa da população sobre medidas de autoproteção (confinamento ou evacuação). Esta situação é semelhante aos resultados alcançados por Di Mauro *et al.* (2012) no estudo sobre a comunicação pública e o risco industrial existente na região da Lombardia (Itália), onde a população não tinha sido informada sobre medidas de autoproteção. Pereira (2008) concluiu que 83 % dos inquiridos não tinham sido informados sobre medidas de autoproteção a serem adotadas em caso de acidente no Complexo Químico de Estarreja.

A quase totalidade dos inquiridos em Vila Franca de Xira (97 %) pretendem conhecer os riscos existentes nas suas áreas de residência e de trabalho. Nesse sentido, uma campanha de informação promovida pelas entidades locais (e.g. Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, ADP Fertilizantes) deverá ser bem recebida e poderá aumentar a resiliência da população face a acidentes industriais graves. O envolvimento da população na elaboração de planos de emergência e em exercícios, pode melhorar a preparação de nível local e aumentar a capacidade dos serviços de emergência para responder de forma eficaz (Walker *et al.* 1999). A participação da população na elaboração de planos de emergência e na organização de exercícios, em conjunto com a ADP Fertilizantes e o município de Vila Franca de Xira, deverá aumentar a resiliência da população face a acidentes industriais.

Neste estudo, quase metade dos inquiridos (43 %) procuraram informações sobre os riscos que podem existir nas suas áreas de residência ou trabalho. Delicado *et al.* (2007) e Tavares *et al.* (2011) realizaram inquéritos à população de Portugal Continental e obtiveram resultados semelhantes: 55 % e 55,5 % dos inquiridos procuravam informação sobre os riscos existentes no continente português. Pereira (2008) concluiu, no seu estudo sobre a perceção social do risco na envolvente ao Complexo Químico de Estarreja, que 24 % dos inquiridos procuraram esse tipo de informação.

Conclusões

Cerca de 40 % dos inquiridos que habitam ou trabalham nas imediações da ADP Fertilizantes não tem conhecimento do risco a que estão sujeitos em caso de um acidente industrial. A maioria dos inquiridos não conhece o plano municipal de emergência de proteção civil (78 %) e não

participou, nem teve conhecimento, de um exercício de proteção civil (91 %). Estes resultados sugerem que uma parte significativa da população de Vila Franca de Xira e, mais concretamente a que se localiza nas imediações da ADP Fertilizantes, poderá não ter sido informada sobre as medidas de autoproteção a adotar em caso de acidente industrial na ADP Fertilizantes. A informação pública prestada pela proteção civil local junto da população poderá ter sido insuficiente para cumprir os requisitos da Diretiva SEVESO III (Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto). Esta insuficiência é semelhante aos resultados obtidos por vários investigadores para outros locais de Portugal. Este alinhamento de resultados, poderá sugerir que em Portugal a informação pública tem vindo a ser insuficiente para cumprir os requisitos da Diretiva SEVESO III (2012/18/UE). A quase totalidade dos inquiridos em Vila Franca de Xira pretendem conhecer os riscos existentes nas suas áreas de residência e de trabalho. Nesse sentido, a população de Vila Franca de Xira poderá estar recetível a campanhas de informação pública relativas ao conhecimento do risco e sobre medidas de autoproteção.

Tendo em conta o número de habitantes existentes no concelho de Vila Franca de Xira (137529) e o número de inquéritos realizados (40), os resultados deste estudo não poderão ser generalizados à população do concelho de Vila Franca de Xira. O tamanho da amostra (número reduzido de inquéritos realizados) reveste este estudo de um carácter preliminar. Os resultados deste estudo deverão ser complementados e aferidos com um estudo mais alargado e representativo da população de Vila Franca de Xira.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os que nos ajudaram na realização dos inquéritos no terreno e aos revisores que possibilitaram o aumento da qualidade do artigo.

Bibliografia

- Anónimo (1973a). Alarme em Alverca - Uma fuga de amoníaco provocou emanações tóxicas que atingiram parte da vila. *Diário de Notícias*, 38707 (109).
- Anónimo (1973b). Até quando as fugas de amoníaco em Alverca? *Diário de Lisboa*, 18318 (53).
- Bruno, I. (212). *Análise de Suscetibilidades e o Ordenamento do Território à Escala Municipal - Aplicação aos concelhos de Arruda dos Vinhos e Vila Franca de Xira (Tese de mestrado)*. Instituto Superior de Ensino e Ciências, 146 p.
- CERTITECNA, ENGENHEIROS CONSULTORES, S.A. (2010). *Plano de Emergência Externo da CUF, Adubos de Portugal, S.A. Parte II - Organização da Resposta*.

- COMISSÃO NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2008) Resolução n.º 25/2008, de 18 de julho.
- COMISSÃO NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2015) Resolução n.º 30/2015, de 7 de maio.
- COUNCIL DIRECTIVE 2012/18/EU of 4 July 2012 OJL 197/1.
- COUNCIL DIRECTIVE 82/501/EEC of 24 June 1982, OJL L 230.
- COUNCIL DIRECTIVE 96/82/EC of 9 December 1996, OJL L 010.
- Delicado, A. & Gonçalves, M. (2010). Os portugueses e os novos riscos: resultados de um inquérito. *Análise Social*, vol. XLII (184), 2007, 687-718.
- Di Mauro, C., Bouchon, S. e Torreta, V. (2012). Industrial risk in the Lombardy region Italy: what people perceive and what are the gaps to improve the risk communication and the participatory process. *Chemical Engineering Transactions*, 26, 297-302. DOI: <https://doi.org/10.3303/CET1870212>
- Marchi, B. (1991). The Seveso Directive: An Italian Pilot Study in Enabling Communication. *Risk Analysis*, Vol. 11, No. 2.
- Pereira, V. (2008). *Percepção Social do Risco de Acidente Industrial Grave*. Dissertação de Mestre em Planeamento do Território - Riscos Naturais e Tecnológicos, Universidade de Aveiro, 196 p.
- Poumadère, M. e Bertoldo, R. (2010). Risk information and minority identity in the neighbourhood of industrial facilities. *Catalan Journal of Communication & Cultural Studies*, Volume 2 Number 2. DOI: https://doi.org/10.1386/cjcs.2.2.213_1
- Resolução do Conselho de Ministros 35/87, de 8 de julho. URL: <https://dre.pt/application/file/420108>
- Ribeiro, R. (2019). *Acidentes industriais graves no município de Sintra e informação pública: estudo de caso (Tese de mestrado)*. Instituto Superior de Ensino e Ciências, 92 p.
- Tavares, A., Mendes, J. & Basto, E. (2011). Percepção dos riscos naturais e tecnológicos, confiança institucional e preparação para situações de emergência: O caso de Portugal continental. *Revista Crítica de Ciências Sociais* [Online], 93, 167-193.
- UNEP (2010) *A Flexible Framework for Addressing Chemical Accident Prevention and Preparedness*.
- Walke, G., Simmons, P., Irwin, A. & Wynne, B. (1999). Risk communication, public participation and the Seveso II directive. *Journal of Hazardous Materials*, 65, 179-190.



RISCOS

territorium 31 (II), 2024, 151-160

journal homepage: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/>

DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_31-2_11

Nota / Note



MÉTODO DELPHI PARA CATEGORIZAR E HIERARQUIZAR RISCOS NOS INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES HOSPITALARES*

DELPHI METHOD TO CATEGORIZE AND HIERARCHIZE FIRE RISK IN HOSPITAL BUILDINGS

151

André Francisco Pugas

Instituto Federal de Santa Catarina (Brasil)

Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente

ORCID 0000-0001-6705-0342 pugas@cbm.sc.gov.br

Cássio Aurélio Suski

Instituto Federal de Santa Catarina (Brasil)

Programa de Pós Graduação em Clima e Ambiente

ORCID 0000-0002-3965-4373 cassio.suski@ifsc.edu.br

RESUMO

Edificações hospitalares, devido a natureza das atividades exercidas e a alta concentração de pessoas sem condição de locomoção, apresentam cenários complexos durante eventos de incêndio em relação ao gerenciamento dos riscos. Este artigo explora o gerenciamento de possíveis riscos durante as ações de combate a incêndio por meio do método *Delphi*. Equipes especializadas de bombeiros militares foram reunidas para deliberar sobre os riscos existentes nas edificações hospitalares da Grande Florianópolis. O método *Delphi* permitiu realizar o processo de categorização e hierarquização dos possíveis riscos a serem gerenciados nessas edificações, realizados pelos bombeiros militares do 10º Batalhão de Bombeiros Militar, com base em suas experiências e conhecimentos das edificações. Foram categorizados 20 possíveis riscos a serem encontrados nesses cenários. A análise desses riscos, de forma prospectiva, permitirá às equipes estarem melhor preparadas para gerenciar os riscos de forma sistemática.

Palavras-chave: Gerenciamento de riscos, método *Delphi*, segurança hospitalar, incêndios estruturais, plano de emergência.

ABSTRACT

Due to the nature of the activities performed in them and the high concentration of people unable to move, hospital buildings present complex scenarios during fire events when it comes to risk management. This article explores the management of possible risks during firefighting actions using the Delphi method. Specialized teams of military firefighters were gathered to deliberate on the risks existing in hospital buildings in Greater Florianópolis. The Delphi method made it possible to undertake the categorization and hierarchization of the possible risks to be managed in these buildings, carried out by the military firefighters of the 10th Military Fire Battalion, based on their experiences and knowledge of the buildings. Twenty possible risks to be found in these scenarios were categorized. A prospective analysis of these risks will help the teams to be better prepared to manage the risks systematically.

Keywords: Crisis management, Delphi method, hospital safety, structural fires, emergency plan.

* O texto desta nota foi submetido em 20-10-2022, sujeito a revisão por pares a 17-11-2022 e aceite para publicação em 26-04-2023.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (I), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

152

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (CBMSC) realiza suas atividades laborais em diversas situações de emergência, como acidentes de trânsito, desastres industriais, inundações, colapsos estruturais, resgate em altura, derramamentos de produtos químicos ou perigosos, acidentes aéreos e marítimos. Diante dessa diversidade de situações, as equipes de socorro devem estar preparadas para atuarem em diferentes cenários, em locais elevados, confinados, de acesso restrito e até mesmo submersos.

De acordo com a ILO (2021), as atividades bombeiros são desenvolvidas em ambientes de constante mudança e frequentemente instáveis. A exemplo, Incêndios estruturais com ocupação humana, em que haja a necessidade de resgate de pessoas, pode não possuir sua integridade estrutural em condições normais e apresentar meios de acesso disponíveis, como escadas ou elevadores para a retirada dos ocupantes. Tais acessos podem estar comprometidos durante a ocorrência de um incêndio.

Segundo Lourenço e Betâmio (2018), a teoria do risco é composta por conceitos basilares, que podem ser distinguidos entre risco, perigos e crises, os quais nem sempre são usados corretamente pelos técnicos e podem causar confusão quanto aos fundamentos conceituais. Desta forma, é importante destacar corretamente esse conceito, especialmente no contexto de gerenciamento de riscos. O risco se refere à probabilidade de ocorrer danos e prejuízos em decorrência da relação entre os perigos e as vulnerabilidades apresentadas por um determinado de um sistema. O risco envolve a possibilidade de prejuízos diretos ou indiretos para uma população devido à modificação do funcionamento de processos complexos. A incerteza sobre o desfecho é uma parte intrínseca do conceito de risco, o que significa que o perigo pode ou não se manifestar.

A ISO 31.000 define o risco como o efeito da incerteza nos objetivos de uma organização, e enfatiza a importância de uma abordagem sistemática e estruturada para a gestão de riscos, que envolva a identificação, análise, avaliação e tratamento dos riscos, bem como a monitorização e revisão do processo de gestão de riscos, uma vez que a gestão de riscos é uma parte fundamental tanto na prevenção quanto no controle de incêndios em edifícios, especialmente em edifícios hospitalares que apresentam riscos específicos e complexos (ISO, 2018).

Neste sentido, as edificações hospitalares podem apresentar grandes desafios à atuação das equipes de bombeiros, pois em regra, são projetadas com o intuito de atender a demanda da população local e adjacentes, *ad eternum* e fornecer serviços de saúde para grande número de habitantes ao longo do tempo. Durante esse período de tempo, essas construções passam por diversas

modificações estruturais, tecnológicas, ambientais e pessoais. O comprometimento estrutural da edificação e os meios de acesso disponíveis para utilização pelas equipes para a evacuação das áreas de risco são pontos que marcam os incêndios estruturais que ocorrem em locais onde possa haver ocupação humana (CBMSC, 2018).

Tais mudanças são extremamente necessárias para proporcionar um serviço de saúde adequado, porém podem causar um sentimento de insegurança exacerbado quando é necessário a intervenção de equipes de resposta a emergências, como os Corpos de Bombeiros, durante o atendimento de eventos de incêndios no interior dessas estruturas. Com as mudanças na estrutura, pode haver uma perda de familiaridade e confiança no ambiente para os trabalhadores e usuários daquele local. Além disso, a intervenção de equipes de resposta a emergências pode ser prejudicada pela falta de conhecimento dos novos espaços e recursos, aumentando a possibilidade de erros e acidentes. Em um cenário de incêndio, a insegurança pode se manifestar em uma série de emoções, como medo, ansiedade e pânico. Essas emoções podem dificultar o trabalho das equipes de resposta a emergências, uma vez que os indivíduos afetados pela insegurança podem não seguir as instruções ou podem estar desorientados e confusos.

Diante da grande complexidade que as edificações hospitalares proporcionam, quer seja pelos equipamentos e materiais contidos ou pela concentração de pessoas com necessidade de cuidados especiais, o caos que se instala na edificação quando é deflagrado um incêndio estrutural pode acarretar em um grande ambiente de incerteza para as equipes de combate a incêndio, principalmente no que diz respeito ao gerenciamento dos riscos existentes nesses locais.

Diante disso, alguns elementos do processo de gerenciamento de risco podem contribuir para que o sentimento de insegurança e o ambiente de incerteza seja minimizado. O gerenciamento de riscos, realizado por meio de ferramentas tecnológicas e métodos desenvolvidos para a identificação dos riscos, pode contribuir substancialmente nas mais variadas áreas de trabalho. O gerenciamento de risco é uma das oito áreas primárias para a construção do conhecimento para o gerenciamento de processos conhecido como *Project Management Body of Knowledge - PMBOK* (Ghaeli, 2018).

Como forma de possibilitar a identificação de possíveis riscos, o método *Delphi* pode contribuir substancialmente, realizando a articulação de informações e conhecimentos individuais para desenvolver uma avaliação prévia, considerando o juízo ou visão de um grupo de especialistas (Turoff e Linstone, 2002). O método *Delphi* (fig. 1), consiste em utilizar o conhecimento de especialistas em uma determinada área do conhecimento para a resolução de problemas

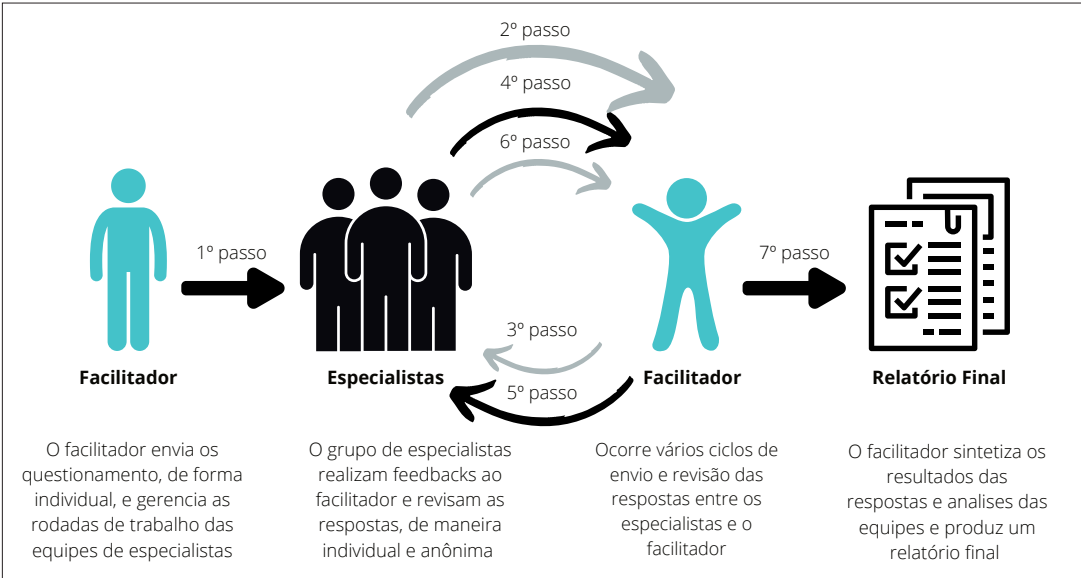


Fig. 1 - Esquema gráfico do Método Delphi (Fonte: Adaptado do Método Delphi, 2024).

Fig. 1 - Graphical scheme of the Delphi Method (Source: Adapted from the Delphi Method, 2024).

ou previsão de acontecimentos no desenvolvimento de projetos, mesmo separados geograficamente, com o potencial de tornar os resultados densos sobre temáticas complexas e abrangentes (Günaydin, 2008).

Em um ambiente de incerteza é necessário que os bombeiros militares estejam preparados para identificar quais são os possíveis riscos a que estão expostos, bem como definir as prioridades de gerenciamento. Deste modo, é necessário responder a seguinte pergunta: quais são os riscos potenciais que podem ser enfrentados pelas guarnições de bombeiros nas edificações hospitalares na Grande Florianópolis, durante a ocorrência de um incêndio?

Este artigo explora o gerenciamento de possíveis riscos durante as ações de combate a incêndio por meio do método *Delphi*. Utilizando essa metodologia foram categorizados e hierarquizados os possíveis riscos a serem gerenciados nessas edificações pelos bombeiros militares do 10º Batalhão de Bombeiros Militar, realizado durante o período de agosto a setembro de 2021.

O objetivo deste artigo foi identificar os possíveis riscos enfrentados pelas equipes de resposta dos Corpos de Bombeiros em ambientes hospitalares na Grande Florianópolis. Para alcançar esse objetivo, foi utilizado o método *Delphi*, que consiste em uma série de rodadas de consultas a especialistas do campo de estudo. Neste estudo, os especialistas foram selecionados com base no seu conhecimento teórico e empírico sobre as edificações hospitalares e seus riscos associados. Por meio desse processo, foram identificados os principais riscos enfrentados pelas equipes de resposta dos Corpos de Bombeiros ao atenderem ocorrências em hospitais.

A escolha do tema é relevante para a organização, pois poderá auxiliar na tomada de decisões, quer seja do Comando do Batalhão para promover uma melhor qualificação ao seu efetivo, quer seja para os chefes do socorro das guarnições, responsáveis pela gestão dos militares sob sua responsabilidade e o gerenciamento dos riscos nas operações de incêndio, além de poder proporcionar a outras instituições de bombeiros, ou similares, uma metodologia para gerenciar riscos e contribuir para a evolução da atividade de gerenciamento de riscos.

Materiais e Métodos

Características da população pesquisada

A população que participou da pesquisa foi os bombeiros militares lotados na sede do 10º Batalhão de Bombeiro Militar (BBM), na cidade de São José - SC. Tais militares atuam nas atividades operacionais e estão, constantemente, expostos aos riscos inerentes às edificações sinistradas por incêndios na região da Grande Florianópolis, bem como os militares que atuam nas seções de segurança contra incêndio (SSCI), realizando atividades de fiscalização, vistorias, análise de projetos das edificações e conhecem intimamente a realidade e condições das edificações na sua região de atuação. A região da Grande Florianópolis, área de estudo desta pesquisa, abrange as estâncias de águas termais de Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz, as paisagens rurais de Rancho Queimado, Anitápolis, São Bonifácio, São Pedro de Alcântara e Paulo Lopes, além dos municípios costeiros de Governador Celso Ramos, Palhoça e a ilha de Florianópolis (fig. 2).

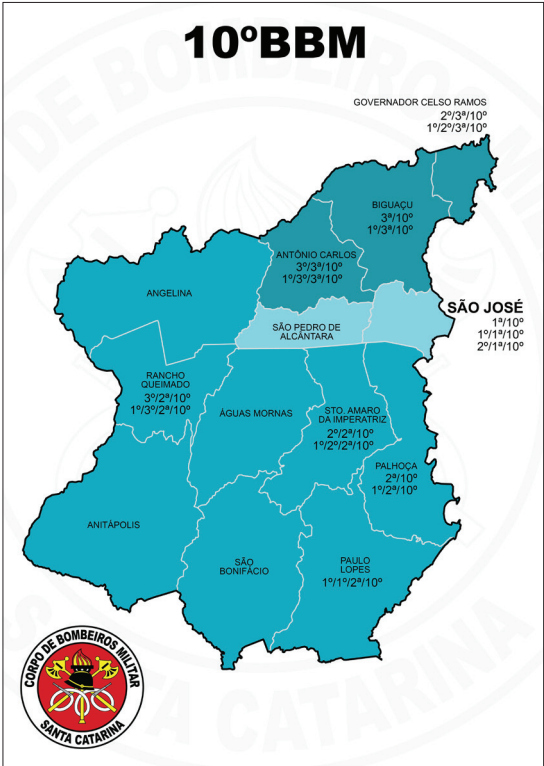


Fig. 2 - Área de atuação do 10º Batalhão de Bombeiros Militar (Fonte: CBMSC, 2024).

Fig. 2 - Area of operation of the 10th Military Fire Battalion (Source: CBMSC, 2024).

Procedimentos metodológicos

O *Delphi* é uma técnica amplamente usada em várias áreas, originada em plena Guerra Fria, foi desenvolvida em órgãos militares dos Estados Unidos no início da década de 1950 com o objetivo de obter um consenso fiável de um grupo de militares, especialistas em defesa sobre possíveis ataques com bombas atômicas (BOBERG; MORRIS-KHOO, 1992). O método *Delphi* fundamenta-se em um determinado assunto complexo, coletando informações e opiniões qualitativas de especialistas, relativamente precisas sobre cenários futuros. O intuito é reduzir ao máximo as diferentes possibilidades de previsão ou suposições e simplificar o resultado de um trabalho complexo, por meio de uma perspectiva multidisciplinar e coletiva de especialistas do grupo.

Inicialmente foi realizado um questionamento aos especialistas, que utilizaram seus conhecimentos teóricos e empíricos sobre as estruturas hospitalares da Grande Florianópolis para definir quais seriam as categorias de riscos apresentadas por estas edificações. De forma estratégica e anônima, conforme o método *Delphi* prescreve, as opiniões expressas pelos especialistas, de nenhuma forma, faziam menção de sua autoria, para evitar qualquer tipo de influência nas respostas, a qual foi realizada pelo seguinte questionamento:

“Considerando as diversidades estruturais das edificações hospitalares da região da Grande Florianópolis; o nível de segurança que essas edificações dispõe; diversidade de materiais, produtos e equipamentos; acesso de viaturas disponíveis; complexidade dessas edificações; e a grande quantidade de concentração de pessoas nesse local; quais seriam os possíveis riscos a serem gerenciados por parte das guarnições de bombeiros, durante a ocorrência de incêndios nessas edificações?”

Os participantes tiveram total liberdade de elencar quais os riscos, dentro das respectivas perspectivas, de serem encontrados durante o desenvolvimento de um evento de incêndio em edificações hospitalares aos quais tem a competência de responderem ao chamado de socorro. Após os militares responderem à pergunta anterior, foi novamente questionado qual o nível de prioridade de cada aspecto por ele(a) elencado a ser gerenciado, do aspecto de maior potencial de risco para o de menor potencial.

Na sequência foi enviado um novo questionário, em conjunto com os resultados obtidos na primeira etapa. Nessa etapa da pesquisa os militares foram estimulados a analisar os dados, opinando pela aceitação ou rejeição das informações apresentadas. Para cada item apontado o participante teve espaço para justificar sua opinião, corroborando com as informações ou refutando a caracterização dos riscos ou sua hierarquização (fig. 3).

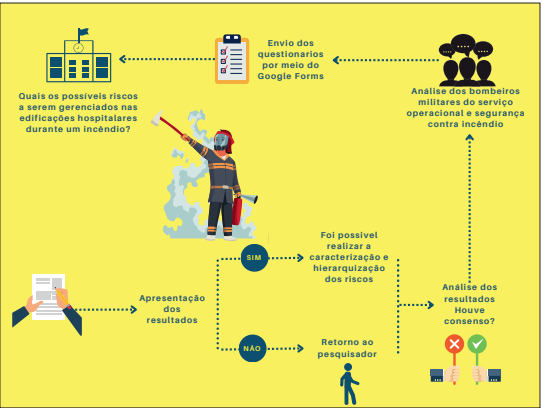


Fig. 3 - Esquema gráfico das etapas do desenvolvimento da pesquisa.

Fig. 3 - Graphic scheme of research development stages.

Conforme o método *Delphi* preconiza, todos os questionamentos foram realizados de forma individual, anônima e sem a possibilidade de identificação da resposta que cada elemento informou à pesquisa. Durante a pesquisa foram necessárias 3 rodadas de respostas até se obter um consenso entre a população. Vale destacar que o método *Delphi* não busca apenas contar votos ou dados quantitativos, mas sim chegar a um consenso por meio do debate e troca de opiniões entre os especialistas ao longo de várias rodadas de questionários, onde é

importante que as opiniões dissidentes e minoritárias sejam compartilhadas para que possam ser integradas nas reflexões e argumentações do grupo, o que se obteve ao final da terceira rodada.

Por fim, após as 3 rodadas, foi realizada a classificação dos riscos em 4 grandes grupos. Cada classe de risco representa quais devem ter prioridade no gerenciamento, em ordem crescente, e também quais os riscos que compõem cada classe.

Para compor as classes de risco, foram definidos intervalos de 4 votos. Assim, a primeira classe de risco inclui os riscos com 15 a 13 votos, a segunda classe de risco inclui os riscos com 12 a 9 votos, a terceira classe de risco inclui os riscos com 5 a 8 votos e a quarta classe de risco inclui os riscos com 1 a 4 votos. Essa abordagem de agrupamento dos riscos é uma forma de facilitar a compreensão e a identificação dos perigos mais relevantes e graves que os bombeiros podem enfrentar em uma situação de incêndio em edificações hospitalares na região estudada.

Neste sentido, os especialistas eram livres para apontar quais dos itens sugeridos eram prioritários para serem gerenciados durante a ocorrência de um evento de incêndio nas edificações hospitalares as quais eram objeto de estudo. Ou seja, poderiam indicar um ou mais, de acordo com sua opinião, e por isso, alguns itens não alcançaram mais de 20 votos. A intenção era justamente deixá-los livres para opinar e, de maneira alguma, intervir ou limitar suas respostas, retirando qualquer possibilidade de vieses na pesquisa.

Resultados e discussões

Após a aplicação da primeira rodada do método *Delphi*, os 23 bombeiros militares categorizaram possíveis riscos nas edificações hospitalares localizadas na região da Grande Florianópolis (TABELA I). Os riscos categorizados pelos especialistas estão relacionados à estrutura física peculiar da edificação, a qual apresenta uma grande concentração de pessoas e possui natureza de ocupação diversificada, apresentando características de estruturas públicas, comerciais, residenciais em uma única estrutura, além de materiais e produtos contidos em edificações dessa natureza que potencializam o risco, fatores que influenciam no acesso e retirada de pessoas e requisitos mínimos exigidos pelas normas de segurança contra incêndio.

O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina classifica as edificações em categorias de acordo com sua ocupação, conforme estabelecido na legislação estadual e federal, e cada uma dessas categorias de ocupação possui critérios específicos para a análise de risco e dimensionamento das medidas de segurança contra incêndios, o que torna as edificações hospitalares mais

TABELA I - Categorização dos possíveis riscos que devem ser gerenciados em incêndios estruturais em edificações hospitalares da Grande Florianópolis.

TABLE I - Categorization of possible risks that must be managed in structural fires in hospital buildings in Greater Florianópolis.

Categorização dos Riscos
Acesso limitado a andares superiores
Armazenamento de oxigênio
Explosão de caldeira
Colapso Estrutural
Comunicação entre os componentes da guarnição
Condições dos sistemas preventivos
Desconhecimento da infraestrutura da edificação
Desconhecimento dos pontos de entrada e saída
Desconhecimentos dos ambientes restritos ou sem saída
Dificuldade na evacuação dos pacientes
Falta de acesso a viaturas de emergência
Acionamento indevido de gerador de energia
Inutilização da iluminação de emergência
Isolamento de área
Localização incerta dos sistemas preventivos
Exposição de materiais tóxicos, radioativos, biológicos, magnéticos ao fogo
Quantidade de pessoas na edificação
Saídas incompatíveis com acamados
Sinalização inadequada ou inexistente das rotas de fuga
Falta de sinalização de emergência adequada

complexas de se analisar (CBMSC, 2018). Essa ocupação apresenta riscos específicos relacionados à presença de pacientes debilitados e suscetíveis a infecções, ao armazenamento de produtos químicos e inflamáveis, e à presença de equipamentos e sistemas complexos que exigem manutenção e treinamento específico para seu uso adequado e, conseqüentemente, o gerenciamento dos riscos nessas edificações (FGI, 2022).

Neste sentido, os conceitos de perigo, ameaça e risco são fundamentais para o gerenciamento de riscos em diversos contextos, incluindo a segurança e saúde ocupacional, a engenharia de segurança e a gestão de crises. O esclarecimento de tais conceitos é importante, pois permite compreender os fundamentos conceituais necessários e utilizados para identificar, avaliar e gerenciar os riscos levantados neste estudo pelo método *Delphi*.

A ameaça é um evento ou situação que pode levar a uma perda ou dano, ou seja, uma situação potencialmente perigosa ligada intrinsecamente com o resultado negativo, ou seja, a ameaça está relacionada a um risco negativo sobre uma possibilidade de perda ou dano resultante da efetividade do perigo (Battistelli e Galantino, 2019). A ameaça pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a intensidade do perigo, as condições ambientais, a frequência e o tipo de exposição, entre outros. No contexto de um incêndio em um hospital, a ameaça é a possibilidade de que o fogo se propague e cause danos às pessoas e às instalações.

De maneira similar, o perigo apresenta potencial de situações que possam causar danos, ferimentos ou perdas a pessoas, bens ou ao meio ambiente, contudo, ele é a causa raiz do risco. A UNDRR (2023) define o conceito como um variável a qual compõe a o risco, que se refere a processos ou atividades humanas que podem causar danos à saúde, propriedade, meio ambiente e economia, o que inclui a perda de vidas, ferimentos, degradação ambiental e perturbações sociais.

Vale destacar a relevância de identificar e avaliar os perigos presentes em um ambiente para determinar os possíveis riscos que as pessoas e as instalações podem enfrentar. No contexto de um hospital, por exemplo, Peixoto e Santos (2022) incluem como perigo substâncias químicas inflamáveis, equipamentos elétricos, agentes ionizantes e gases medicinais, ou seja, a proximidade iminente da manifestação do risco. Portanto, o perigo deve ser visto como uma consequência do risco e não deve ser integrado à sua definição, já que é posterior a ele (Lourengo e Betâmio, 2018).

Por outro lado, o risco é a possibilidade de um evento futuro ocorrer, seja ele positivo ou negativo. O risco está relacionado à probabilidade de ocorrência de um evento e ao impacto que esse evento pode ter. O risco é, portanto, uma medida da possibilidade de perda, dano ou ferimento resultante da combinação de um perigo e uma ameaça (Battistelli e Galantino, 2019). No contexto do presente estudo, o risco pode ser avaliado pela probabilidade de que o fogo se propague e pelas consequências para os pacientes, funcionários e instalações.

É importante destacar que os conceitos de risco, perigo e ameaça são inter-relacionados e devem ser considerados em conjunto para uma gestão eficaz de riscos. A identificação de perigos é fundamental para avaliar e gerenciar os riscos de forma efetiva, enquanto a avaliação de ameaças permite a adoção de medidas preventivas para reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos indesejados.

Em seguida, foi iniciada a segunda rodada do *Delphi*, em que os participantes foram apresentados ao resultado inicial da categorização e a reflexão mais apurada sobre os aspectos levantados, com o objetivo de obter um maior entendimento baseado em diferentes perspectivas. Dessa forma, foram obtidos os resultados sobre a hierarquização dos riscos considerando a prioridade de gerenciamento durante os eventos de incêndio em edificações hospitalares. Pouco mais de 80 % dos especialistas concordaram plenamente com os riscos categorizados, em detrimento de 13 % que concordaram parcialmente com os resultados apresentados e pouco mais de 4 % não concordaram.

Porquanto, não houve unanimidade na segunda rodada do *Delphi* devido ao fato que alguns bombeiros militares discordavam acerca da hierarquização dos

riscos. Não houve uma discordância nos elementos que categorizaram os riscos, mas sim a respeito de qual desses riscos teriam prioridade de gerenciamento em um cenário hipotético de incêndio. Sendo assim, foram debatidas e apresentadas as justificativas sobre as prioridades de tais riscos e a busca do consenso, pela equipe de trabalho em uma terceira rodada do *Delphi*.

Nesta etapa, foi possível obter um consenso entre a equipe de especialistas, no que se refere a hierarquização dos riscos em cenários de incêndios nas edificações da grande Florianópolis. Riscos relacionados à evacuação de pessoas e da falta de conhecimento estrutural detalhado das edificações apresentaram um maior destaque entre os militares no que se refere à prioridade de gerenciamento, seguido de elementos de segurança contra incêndio, como sinalização de emergência, rotas de fuga e acesso de viaturas de emergência (fig. 4).



Fig. 4 - Riscos identificados e hierarquizados pelos bombeiros militares.

Fig. 4 - Risks identified and ranked by military firefighters.

Quando o método *Delphi* alcança um consenso, significa que os especialistas concordaram em uma opinião ou solução para um determinado problema. O consenso pode ser alcançado após várias rodadas de perguntas e discussões entre os especialistas. Neste sentido, o consenso pode ser considerado quando houver a concordância ou conformidade das opiniões, pensamentos e sentimentos, seja ela da maioria ou da totalidade dos membros de uma coletividade, o que se obteve ao final da terceira rodada, marcando o fim dessa etapa de pesquisa.

Após a aplicação de três rodadas do método *Delphi*, com a contribuição dos bombeiros militares especialistas e a análise dos resultados obtidos por esses profissionais, foi possível estabelecer uma classificação das prioridades de riscos que devem ser gerenciadas nas edificações hospitalares da grande Florianópolis. Essa classificação foi estratificada em 4 classes de prioridade, de acordo com o número de vezes que tais riscos foram elencados pelos especialistas como prioridade (fig. 5).

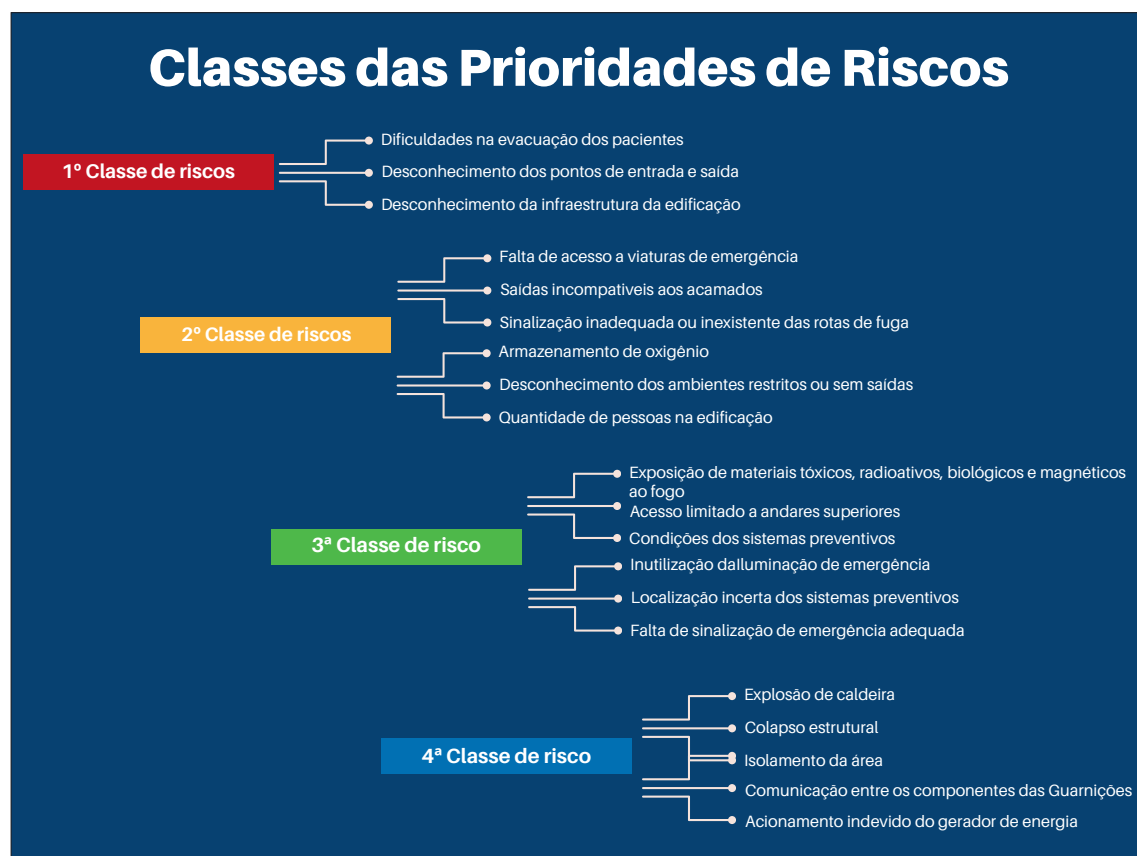


Fig. 5 - Classificação das prioridades no gerenciamento de riscos em edificações hospitalares da Grande Florianópolis.

Fig. 5 - Classification of priorities in risk management in hospital buildings in Greater Florianópolis.

A definição das classes de risco é uma estratégia comum para agrupar os riscos em categorias, de acordo com a sua relevância e gravidade. No caso do estudo em questão, foram utilizados votos de 23 especialistas para definir as possíveis situações de risco que os bombeiros enfrentam em edificações hospitalares na Grande Florianópolis. Cada risco recebeu uma quantidade de votos, variando entre 1 (o risco identificado com menor número de votos) e 15 (o risco com o maior número de votos).

Acima de tudo, foi possível identificar no resultado da pesquisa que as equipes de especialistas tiveram um papel importante na categorização dos riscos. Dentre os 23 militares participantes, haviam membros com mais de 25 anos de experiência nas atividades de combate a incêndio, como também membros com menos de 5 anos de efetivo serviço.

A identificação de riscos que podem ser apresentados em incêndios hospitalares é de extrema importância para a atuação das equipes dos Corpos de Bombeiros. Em um ambiente hospitalar, as características estruturais e a quantidade de pessoas envolvidas tornam as situações de incêndio ainda mais complexas e perigosas, o que pode causar danos graves e irreparáveis para os pacientes, funcionários, visitantes e para a própria equipe (FGI, 2022).

Com a identificação dos riscos específicos, as equipes dos Corpos de Bombeiros podem planejar com antecedência os procedimentos de evacuação dos pacientes, a utilização de equipamentos de segurança adequados, o isolamento de áreas específicas e o controle de materiais perigosos (NFPA, 2018). Além disso, também podem treinar e capacitar os profissionais de saúde e segurança do hospital para atuarem de forma mais eficiente e coordenada em casos de emergência.

Apesar de não haver uma fórmula ideal sobre o número de participantes especialistas necessários, estudos indicam que números superiores a 10 (Powell, 2003) e inferiores a 30, na maioria dos casos trazem melhores resultados (Osborne *et al.*, 2003).

De acordo com Grisham (2009) o grupo de especialistas deve ser equilibrado no que se refere à experiência, perspectivas e grau de intimidade em relação ao problema de pesquisa. No entanto, não é necessário alto grau de conhecimento técnico ou empírico para a produção de perspectivas prospectivas. Ela tem fundamental importância no processo de previsão, mas tem seu escopo até determinado nível de aplicação (Rowe e Wrigth, 1999).

Muitos elementos dessa população, conhecem a real condição das edificações hospitalares que foram objetos desta pesquisa e fizeram parte das equipes que atuaram em incêndios ocorridos em um dos hospitais da região.

Essa heterogeneidade possibilitou realizar o levantamento hipotético de alguns riscos, como aqueles reais encontrados nas edificações em estudo e, neste sentido, a metodologia apresentou um ótimo desempenho. Para a aplicação da metodologia em populações semelhantes, fornecem uma grande variedade de *insights* com objetivo de compreender o problema ou fenômeno por diferentes ângulos e permitindo conhecer diferentes partes deste todo (Creswell, 2010).

Ao mesmo tempo, para a definição das prioridades dos riscos, o método *Delphi* possibilitou a apresentação de resultados qualitativos e quantitativos já no final da segunda rodada da pesquisa. Desta forma, proporcionou certa celeridade no desenvolvimento da pesquisa e uma reflexão mais assertiva aos militares diante os riscos elencados.

Segundo Marques e Freitas (2018) a análise dos questionários iniciais aplicados deve ser qualitativa devido ao caráter aberto das perguntas e normalmente analisando o conteúdo, desenvolvendo categorias e agrupando os itens de resposta. Alguns autores utilizam classificações e métodos estatísticos para apresentar relações entre respostas, grupos de especialistas e o problema em questão.

Da mesma forma, o trabalho realizado de forma anônima por meio de formulário eletrônico, teve fundamental importância no resultado final da pesquisa. Na etapa de categorização dos riscos, o questionamento foi realizado de forma aberta e, muitos militares, além de identificar os riscos, os descreveram de forma detalhada e apresentavam casos concretos e hipotéticos de enfrentamento de determinado risco.

O anonimato permitiu uma melhor expressão do pensamento, independente do grau hierárquico do militar ou função que ocupa. Em nenhum momento foi possível verificar a autoria das respostas, sugestões ou proposições como também não houve nenhum embate ou confronto direto entre a população de pesquisa.

Diante desse aspecto, Powell (2003) destaca que o método *Delphi* propicia o debate de ideias de forma construtiva, sem a possibilidade de constrangimentos pessoais, comentários enviesados ou influenciados pelo efeito manada, além de extinguir discussões hostis.

Em ambos os aspectos, categorização e hierarquização dos riscos, foram necessárias apenas duas rodadas para se estabelecer um nível aceitável para o estabelecimento dos riscos e ordem de prioridade. De acordo com Gupta e Clarke (1996) o método *Delphi* não tem o objetivo

de chegar a uma resposta singular que represente o consenso, mas obter uma quantidade significativa de respostas e opiniões com elevado grau de qualidade e subsidiar as tomadas de decisão, ao contrário de outros métodos de planejamento e previsão.

Contudo, destaca-se que houve apenas o confronto de ideias na terceira rodada, para o estabelecimento do consenso entre os bombeiros e validar com maior assertividade as prioridades dos riscos. O que foi rapidamente debatido e ajustado para a obtenção do resultado final.

Decorrente da aplicação do método *Delphi*, os riscos que tiveram uma maior prioridade de gerenciamento foram relacionados a evacuação dos pacientes da edificação, a falta de conhecimento dos bombeiros e dos transeuntes das entradas e saídas disponíveis na edificação e demais peculiaridades da edificação em sua totalidade.

Entretanto, os riscos que tiveram menor prioridade de gerenciamento, de acordo com a população pesquisada foram aqueles decorrentes das explosões de caldeiras a vapor, colapso estrutural, isolamento da área atingida pelo incêndio, comunicação entre os elementos das guarnições e riscos oriundos de geradores de energia, eventualmente encontrados nesse tipo de edificação.

Por fim, o método *Delphi* apresentou um ótimo desempenho na categorização e hierarquização dos riscos existentes diante de cenários de incêndios estruturais em ambientes hospitalares. De acordo com Yousuf (2007), para a realização de prospecções por meio de opiniões de grupos de trabalho, o método *Delphi* convencional pode estabelecer resultados significativos, enquanto o *Delphi* normativo pode contribuir como meio de estabelecer prioridades ao invés de previsões.

Também é possível recomendar, com base nos riscos identificados na pesquisa, a contribuição de algumas medidas para solucionar os possíveis riscos apontados pela pesquisa. A realização de visitas técnicas nas edificações hospitalares, com certa periodicidade e o desenvolvimento de planos de emergências para essas edificações podem auxiliar no gerenciamento de grande parte dos riscos identificados.

O emprego de plantas de emergência em locais designados para rotas de fuga podem orientar a população não orgânica das edificações hospitalares a realizar o abandono do local de maneira segura, sem o prévio conhecimento do local. Neste sentido, a realização de capacitação de brigadistas nesses estabelecimentos também pode proporcionar uma melhor mensuração dos riscos a serem detectados e a participação dessa população no desenvolvimento de uma nova pesquisa com essa metodologia.

Conclusão

A aplicação do método *Delphi* para estabelecer os possíveis riscos e como ferramenta de gerenciamento de risco provou-se ter grande potencial nas discussões entre a população de bombeiros militares. Devido à natureza hierarquizada da instituição, o método aplicado com vistas a categorizar os riscos e hierarquizá-los por especialistas de diferentes níveis hierárquicos, funções e experiência operacional, sem que houvesse divergências entre superiores, pares e subordinados, demonstrou ser uma ferramenta eficiente.

Apesquisa possibilitou realizar a construção de parâmetros de risco constituído de 20 riscos, hierarquizados em 4 classes de prioridades, utilizando o conhecimento de diferentes perspectivas com a finalidade de obter uma análise prospectiva de problemas complexos relacionados a incêndios estruturais. A construção do conhecimento do risco, de forma participativa e coletiva, amplia o horizonte de ideias e permite utilizar um maior número de variáveis na tomada de decisão diante do gerenciamento de riscos.

Como resultado, foram categorizados e hierarquizados os riscos, por ordem de prioridade da seguinte maneira: Dificuldade na evacuação dos pacientes; Desconhecimento dos pontos de entrada e saída; Desconhecimento da infraestrutura da edificação; Falta de acesso a viaturas de emergência; Saídas incompatíveis para acamados; Sinalização inadequada ou inexistente das rotas de fuga; Armazenamento de oxigênio; Desconhecimentos dos ambientes restritos ou sem saída; Quantidade de pessoas na edificação; Exposição de materiais tóxicos, radioativos, biológicos, magnéticos ao fogo; Acesso limitado a andares superiores; Condições dos sistemas preventivos; Inutilização da iluminação de emergência; Localização incerta dos sistemas preventivos; Falta de sinalização de emergência adequada; Explosão de caldeira; Colapso estrutural; Isolamento de área; Comunicação entre os componentes da guarnição e Acionamento indevido do gerador de energia.

Constantemente os tomadores de decisões, a exemplo dos militares de alta patente, como oficiais ou em funções de chefia, como chefes do socorro, são pressionados a determinarem ações sem a possibilidade de um planejamento prévio dos eventuais riscos iminentes ou mesmo a existência deles. Eventualmente, essas decisões podem levar ao êxito ou ao desastre no desfecho de um cenário de incêndio.

Diante dos incêndios em edificações hospitalares da Grande Florianópolis, o resultado dessa pesquisa pode estabelecer um direcionamento para realização de treinamentos, simulados, diretrizes e procedimentos operacionais voltados ao gerenciamento de risco inerentes ao tema.

Referências bibliográficas

- Battistelli, F. & Galantino, M. G. (2019). Dangers, risks and threats: An alternative conceptualization to the catch-all concept of risk. *Current Sociology*. 67(1), 64-78.
- Boberg, A. L. & Morris-Khoo, S. A. (1992). The Delphi method: a review of methodology and an application in the evaluation of a higher education program. *The Canadian Journal of Program Evaluation*, 7(1) 27-39.
- Ghaeli, M. R. (2018, January). The advantage of project risk management tools. *Journal of Project Management*, (3), 121-124.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (2018). *Tópicos introdutórios: ciências do fogo*.
- Creswell, J. W. (2010). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos* (3a ed.).
- FGI - FACILITY GUIDELINES INSTITUTE (2022). Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Outpatient Facilities (4th ed.).
- Grisham, T. (2009, January). *The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics*. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2(1), 112-130.
- Günaydin, H. M. (2008, August). The delphi method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2(134), 146-152.
- Gupta, U.G. & Clarke, R.E. (1996, October). *Theory and application of the Delphi technique: a bibliography (1975-1994)*. *Technological Forecasting and Social Change*, 53(2), 185-211.
- ILO - INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (2021). International Hazard Datasheets on Occupations (HDO). Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/--protrav/---safework/documents/database/wcms_113135.pdf
- ISO (2018). ISO 31000:2018 Risk management - Guidelines. URL: <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- Linstone, H. A. & Turoff, M. (2002). *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison Wesley Newark, NJ: New Jersey Institute of Technology. Recuperado em março de 2015, de <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/index.html>
- Lourenço, L. & Betâmio de Almeida, A. (2018). Alguns conceitos à luz da teoria do risco. In L. Lourenço & A. Amaro (Orgs.), *Riscos e crises: Da teoria à plena manifestação* (p. 17-78). Coimbra, Portugal: Coimbra University Press. DOI: <https://doi.org/10.14195/978-989-26-1697-1>
- Marques, J. B. V. & Freitas, D. (2018). Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo*, 29(2), agosto.

NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (2018). NFPA 99: Health Care Facilities Code (2018 ed.). Quincy, MA: Author.

Osborne, C., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschi, R. (2003). *What "Ideas-about-Science" should be taught in school science?: A Delphi study of the expert community. Journal of Research in science teaching*, 40(7), November, 692-720.
DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10105>

Peixoto, C. M. M. & Santos, V. M. (2020). Análise dos Riscos Ocupacionais em uma Unidade Básica de Saúde - UBS. *Ciência e Tecnologia*. Fev, 1-12.

Powell, C. (2003). *The Delphi technique: myths and realities. Journal of Advanced Nursing*, 41(4), March, 376-382.

Rowe, G. & Wright, G. (1999). *The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. International Journal of Forecasting*, (15), October, 353-375.

XVII ENCONTRO NACIONAL DE RISCOS.

RISCOS, PROTEÇÃO CIVIL E CULTURA DE SEGURANÇA: DISCURSOS E PRÁTICAS NO PORTUGAL DEMOCRÁTICO

161

Fernando Félix

Universidade de Coimbra
Núcleo de Investigação Científica de
Incêndios Florestais (Portugal)

ORCID 0000-0001-8509-6010 ffelix@fl.uc.pt

João Luís Fernandes

Universidade de Coimbra, CEIS20 e RISCOS
Faculdade de Letras, Depart. de Geografia e Turismo (Portugal)
ORCID 0000-0002-9419-631X jfernandes@fl.uc.pt

A RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, promoveu, com o Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (FLUC), e demais parceiros institucionais, a realização do XVII Encontro Nacional de Riscos, que decorreu no dia 7 de junho de 2024, no Teatro Paulo Quintela Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, e ao qual foi atribuído o "Alto Patrocínio de Sua Excelência, o Presidente da República Portuguesa", Professor Doutor Marcelo Rebelo de Sousa.

A ocasião do cinquentenário surgiu assim como uma oportunidade para fomentar um diálogo profícuo entre as/os Professoras/es, bem como a comunidade científica, os agentes de proteção civil, os órgãos de soberania regionais/locais e a população em geral, a partir de uma perspectiva interdisciplinar, em que se pretende analisar o modo como, num país como Portugal, a cultura de riscos e de (in)segurança se pode e deve debater num espaço público mais aberto e democrático, enfatizando o difícil balanço entre a necessária informação para uma sociedade resiliente e os possíveis excessos de um espaço público centrado no medo, em que os discursos dos riscos excessivos podem entorpecer a sociedade e criar uma ecologia de medo. Por outro lado, pretende-se discutir

a exposição do Portugal democrático a um conjunto sistémico e diversificado de riscos, num contexto global em permanente mudança, e como a proteção civil evoluiu em termos de organização e de resposta, nas suas várias valências e agentes, à diversidade dos riscos.

O XVII Encontro Nacional de Riscos foi acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC), como ação de formação para professores, na modalidade de Cursos de Formação de Atualização: Colóquios, congressos, simpósios, jornadas ou iniciativas congêneres, com a carga horária de 12,5 horas, presenciais, que releva, para o previsto nos artigos 8.º e 9.º do RJFC, como horas de formação geral, para os grupos de docência 200 - Português e Estudos Sociais/História, 230 - Matemática e Ciências da Natureza, 300 - Português, 400 - História, 410 - Filosofia, 420 - Geografia, 510 - Física e Química, 520 - Biologia e Geologia;

Para uma participação mais alargada do principal agente de proteção civil, os Bombeiros, o XVII Encontro Nacional de Riscos foi também acreditado pela Escola Nacional de Bombeiros (ENB) como horas de formação (6h) para Bombeiros, com registo no RNBP - Recenseamento Nacional dos Bombeiros Portugueses.



Fot. 1 - Vista geral da realização do XVII Encontro Nacional de Riscos.

Photo 1 - General view of the XVII National Meeting of Risks.

Desta forma, no pré-Encontro, no dia 06/06/2024, decorreu um workshop para professores, que consistiu numa Visita guiada ao Centro de Documentação 25 de Abril, da Universidade de Coimbra, que está instalado no Colégio da Graça na Rua da Sofia, desde Julho de 2016, e que visa recuperar, organizar e pôr à disposição da investigação científica o valioso material documental disperso pelo país e estrangeiro sobre a transição democrática portuguesa (o 25 de Abril de 1974, os acontecimentos preparatórios e as suas principais consequências), mas também sobre toda a segunda metade do século vinte português, em que os professores puderam observar *in loco* todo um rico espólio documental e museográfico, como mapas e cartas, entre outros, de acontecimentos que marcaram a história portuguesa recente (fot. 2).



Fot. 2 - Vista geral do workshop para professores, com a moderação do Prof. Doutor João Luís Fernandes.

Photo 2 - Overview of the workshop for teachers, moderated by Professor Doctor João Luís Fernandes.

O XVII Encontro Nacional e Riscos, propriamente dito, decorreu no dia 07/07/2024, no Teatro Paulo Quintela da FLUC, com uma elevada afluência (fot. 1 e fot 3), em que a sessão de abertura foi apresentada pelo Prof. Doutor António Vieira, Professor Auxiliar do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, cuja mesa foi presidida pelo Prof. Doutor Albano Figueirado, Diretor da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e composta pelo Dr. Carlos Lopes, Vereador com o Pelouro da Proteção Civil e em Representação do Presidente da Câmara Municipal de Coimbra, e a Prof.^a Doutora Adélia Nunes, Diretora do Departamento de Geografia e Turismo da FLUC (fot. 4).



Fot. 3 - Aspeto geral da sessão de abertura.

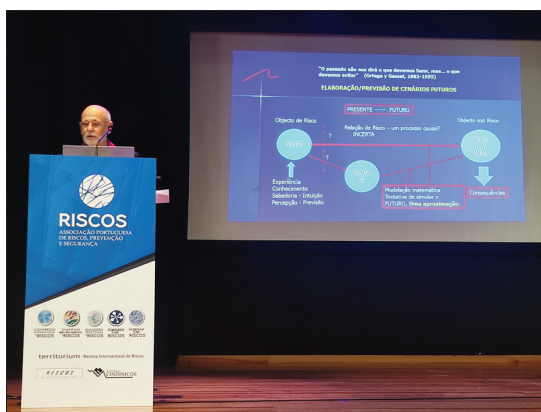
Photo 3 - General aspect of the opening session.



Fot. 4 - Vista geral da composição da mesa de abertura.

Photo 4 - General view of the opening table composition.

Um dos pontos altos do Encontro foi a conferência de abertura, intitulada “RISCO: um olhar, uma revisitação pessoal”, proferida pelo Prof. Doutor António Betâmio de Almeida, Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico e Professor Emérito da Universidade de Lisboa, com a moderação do Prof. Doutor António Vieira, Professora Auxiliar do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho (fot. 5).



Fot. 5 - Pormenor da conferência de abertura, proferida pelo Prof. Doutor António Betâmio de Almeida.

Photo 5 - Detail of the opening lecture, given by Professor António Betâmio de Almeida.

Com o particular interesse em problematizar o difícil balanço entre a necessária informação para uma sociedade resiliente e os possíveis excessos de um espaço público centrado no medo, decorreu a mesa redonda da manhã, intitulada *“Os riscos nos espaços público e privado - o equilíbrio entre uma cultura de prevenção e insegurança e a construção de uma sociedade consciente mas não condicionada pelo medo”*, moderada pelo Prof. Doutor João Luís Fernandes, Professor Auxiliar da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, que contou com a participação de reputados especialistas no âmbito do direito ambiental, governança do risco, jornalismo e da comunicação (fot. 6a), que deram o seu notável contributo, nomeadamente:

- *“Saber é poder: a compra da ‘segurança regulatória’ para estar seguro ou para parecer seguro?”*, pela Prof.^a Doutora Maria Alexandra de Sousa Aragão, Professora Associada da Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra (fot. 6b);
- *“O medo e as “ameaças” mediáticas sobre a crise”*, pelo Prof. Doutor João Figueira, Professor Auxiliar do Departamento de Filosofia, Comunicação e Informação, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (fot. 6c);
- *“O lugar do Jornalismo em contextos de emergência”*, pela Prof.^a Doutora Felisbela Lopes, Professora Associada com Agregação do Departamento de Ciências da Comunicação, do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho (fot. 6d);

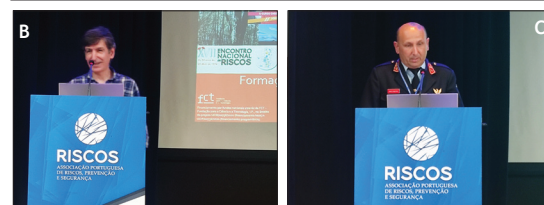
A tarde iniciou-se uma segunda mesa redonda, que visou analisar e discutir as alterações e evoluções no sistema de Proteção Civil, com diferentes organizações, estruturas e incumbência para a prestação de serviços de proteção e socorro, que tendem a ser especializados nas suas diversas modalidades, intitulada *“As dinâmicas, as transformações e os desafios da Proteção Civil no Portugal democrático de hoje e do futuro”*, que foi moderada pelo Prof. Doutor Bruno Martins, Professor Auxiliar Convitado da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, que contou com a participação de reputados especialistas ligados à Proteção Civil, tanto a nível da organização e planeamento, quer a nível operacional, que abordaram os seguintes temas, nomeadamente:

- *“Formação em Proteção Civil no Ensino Superior”*, pelo Prof. Doutor António Vieira, Diretor da Licenciatura de Proteção Civil da Universidade do Minho e Professor Associado do Departamento de Geografia do Instituto de Ciências Sociais, da Universidade do Minho (fot. 7b);
- *“Proteção Civil - Visão estratégica sobre o modelo orgânico e estrutura operacional”*, pelo Comandante Marco Martins, Vice-Presidente do Conselho Executivo da Liga dos Bombeiros Portugueses (fot. 7c);
- *“Comunicativa entre agentes de proteção civil, populações surdos e surdocegos em catástrofes naturais”*, pelo João Gomes (surdo português), Coordenador Internacional de Proteção Civil e Presidente da Federação Mundial das Línguas Gestuais (fot. 7d);



Fot. 6 - Aspeto da Mesa Redonda 1.

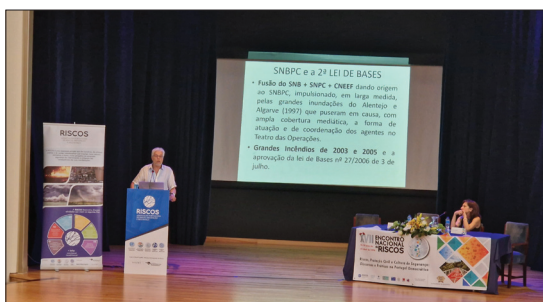
Photo 6 - The Round Table 2.



Fot. 7 - Aspeto da Mesa Redonda 2.

Photo 7 - The Round Table 2.

Por fim a conferência de encerramento, um dos pontos altos do Encontro, intitulada “*Desafios e Caminhos da Proteção Civil no Portugal Democrático*”, proferida pelo Prof. Doutor António Duarte Amaro, Professor Associado Convidado da Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa e Associado Fundador da RISCOS, com a moderação da Prof.^a Doutora Adélia Nunes, Professora Associada com Agregação da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (fot. 8).



Fot. 8 - Pormenor da conferência de encerramento, proferida pelo Prof. Doutor António Duarte Amaro.

Photo 8 - Detail of the closing conference, given by Professor António Duarte Amaro.

O Encontro terminou com a sessão de encerramento que foi presidida pelo Prof. Doutor João Luís Fernandes, Professor Auxiliar da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Vice-Presidente da Direção da RISCOS, secundado pela Prof.^a Doutora Adélia Nunes, Professora Associada com Agregação da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Vice-Presidente da Direção da RISCOS e pelo elo Prof. Doutor António Vieira, Professor Auxiliar do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho e Vice-Presidente da Direção da RISCOS.

Congratulamo-nos em se ter associado ao XVII Encontro Nacional de Riscos, que contou com uma vasta audiência, mais de uma centena de participantes, desde Professoras e Professores que realizaram o curso de formação contínua, bem como de Bombeiros de diversas Corporações de Portugal continental e de estudantes de licenciatura, mestrado e de doutoramento, e de investigadores(as), tendo considerado este evento para atualizar e darem o seu contributo para a atualização do conhecimento acerca dos temas abordados. Contou ainda com a presença de diversos Presidentes de Câmaras Municipais, Coordenadores Municipais de Proteção Civil e de técnicos(as) dos Serviços Municipais de Proteção Civil, bem como de presidentes de Juntas de Freguesias e elementos do seu executivo, que deram o seu cabaz e real contributo.

Em suma, este evento colocou as(os) Professoras(es), bem como a comunidade científica, os agentes de proteção civil, os órgãos de soberania regionais/locais e a população em geral, a refletir sobre a educação e a comunicação para a redução dos riscos, para a implementação de uma cultura de segurança.



III SEMINÁRIO DA REDE INCÊNDIOS-SOLO

165

Fernando Félix

Universidade de Coimbra

NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais (Portugal)

ORCID 0000-0001-8509-6010 ffelix@fl.uc.pt

António Vieira

Universidade do Minho, CESC e RISCOS

Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Geografia (Portugal)

ORCID 0000-0001-6807-1153 vieira@geografia.uminho.pt

A Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança (RISCOS), em colaboração com o Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade (CECS-UMinho) e o Departamento de Geografia do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho (DGeo-UMinho), e demais parceiros institucionais, está a organizar o **III Seminário da Rede Incêndios-Solo**, subordinado ao tema “*Solos afetados por incêndios: efeitos degradativos e soluções para a sua reabilitação*”, que decorrerá presencialmente na cidade de Guimarães (Campus de Azurém), nos dias 28 e 29 de novembro de 2024.

A elevada frequência de incêndios florestais que tem ocorrido em Portugal e restantes países da Europa Mediterrânea, fruto das mudanças climáticas e do deficiente planeamento florestal, tem provocado severos impactes quer socioeconómicos, quer de sustentabilidade dos ecossistemas, levando a uma mudança da vegetação e da estrutura da parte superior do solo, condicionando fortemente a fertilidade e estrutura dos solos, agravando a erosão e degradação dos solos. O III Seminário da Rede Incêndios-Solo pretende promover um espaço de discussão e divulgação dos resultados da investigação, recente e em curso, e fomentar a discussão em torno da temática central dos impactes dos incêndios florestais nos solos, não esquecendo, porém, o debate sobre os incêndios florestais na sua relação com o uso do solo e com a gestão e conservação deste recurso, elementos que se entendem centrais para as orientações políticas que promovam a valorização e sustentabilidade dos territórios.

Convidam-se à participação neste evento: Professores; Investigadores de Instituições de Ensino Superior; Agentes de Proteção Civil (Bombeiros, Forças de Segurança, Forças Armadas, ...); Técnicos e Profissionais dos diversos organismos, públicos e privados; Estudantes de doutoramento, mestrado e licenciatura; Membros das comunidades civil e de associações e/ou organizações não-governamentais; Outros interessados que atuem dentro da temática dos incêndios florestais e da erosão dos solos.



The poster features the RISCOS logo at the top left and a circular network diagram at the top right. The title 'III SEMINÁRIO DA REDE INCÊNDIOS-SOLO' is prominently displayed. Below it, the theme 'SOLOS AFETADOS POR INCÊNDIOS: EFEITOS DEGRADATIVOS E SOLUÇÕES PARA A SUA REABILITAÇÃO' is written in bold. Event details include the date '28 e 29 de novembro de 2024' and the location 'Departamento de Geografia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, Guimarães'. Accreditation information from the INB and CECF is provided. Three photographs show the aftermath of forest fires: charred trees, eroded soil, and a stream in a burnt area. Contact information for RISCOS is listed at the bottom left, and the website 'https://iisris.riscos.pt/' is at the bottom right. Logos of partner institutions are at the very bottom.

Fig. 1 - Reprodução do cartaz de divulgação do III Seminário da Rede Incêndios-Solo

Fig. 1 - Reproduction of the poster of the III Seminar of the Forest Fires-Soil Network.

A participação pode concretizar-se através da apresentação de comunicações orais ou em webposters, integradas nos 8 painéis temáticos, ou participando na discussão e reflexão sobre (rec)ocorrência dos incêndios florestais/rurais e os seus impactes socioeconómicos e de erosão dos solos, bem como, dando-nos a conhecer medidas de prevenção e mitigação e processos de recuperação das funções ecossistémicas dos solos nas áreas ardidas.

A informação atualizada acerca do Seminário pode ser consultada na página web oficial: <https://iisris.riscos.pt/>.

Contamos consigo no III Seminário da Rede Incêndios-Solo!

EL CAMBIO CLIMATICO. PASADO Y FUTURO

Yolanda Hernández Peña

Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Faculdade de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

ORCID 0000-0002-2846-7273 ythernandezp@udistrital.edu.co

Richard Blaine Alley es profesor de Geociencia de la Universidad de Pensilvania, reconocido en el ámbito internacional por sus investigaciones sobre cambio climático y comportamiento glaciar. Es miembro de la Unión Americana de Geofísica, con un reconocimiento por parte de la Unión Europea de Geociencias entidad que le otorgó la medalla Louis Agassiz, entre otras distinciones internacionales de las sociedades científicas relacionadas con la geofísica.

A la luz de las discusiones actuales sobre cambio climático, donde pareciera que la información se encuentra disponible para cualquier habitante del planeta, se evidencian vacíos sobre literatura relacionada que, sin perder su rigor científico estén disponibles para el público no especializado. Este es sin duda uno de los méritos del libro de Alley.

Por tanto, esto se constituye en una motivación para hacer una reseña de este libro, que sin duda contribuye a divulgar conocimiento sobre el clima, sus componentes e historia geológica para la comunidad no especialista y a la vez interesada en los hallazgos científicos y las perspectivas de escenarios futuros relacionados con el clima global.

Alley nos conduce por un reconocimiento sobre los fundamentos científicos sobre el clima, su importancia en la dinámica de la humanidad y nos permite comprender como el comportamiento regional del mismo posibilitó momentos de auge y decadencia de importantes organizaciones humanas como los vikingos. Empero, resulta refrescante reconocer que, además del comportamiento climático, estos registros históricos de auge y decadencia de conglomerados humanos estuvieron relacionados además del clima, con otros factores de carácter socio-cultural, por ello el autor recuerda que mientras los vikingos huían del frío en Groenlandia, los inuit de Thule tuvieron éxito en sobrevivir al enfriamiento de sus territorios. Lo cual enseña, que, como humanidad los escenarios futuros dependerán de la manera como nos organicemos y nos pensemos en relación con el planeta y con los otros.

El libro se encuentra dividido en cinco partes tituladas así: *Sentando las bases, leyendo el registro, climas*

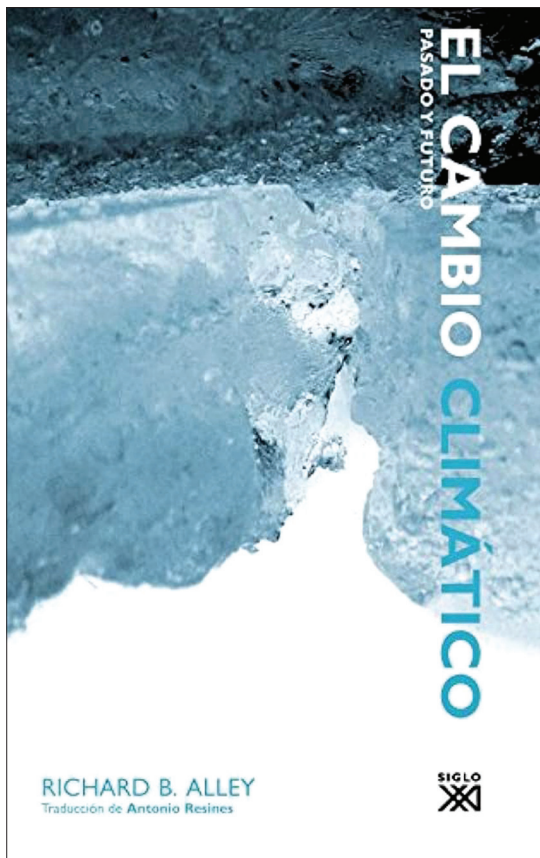


Fig. 1 - Portada de la obra "El cambio climático: Pasado y futuro", de Richard B. Alley.

Fig. 1 - Frontspiece of the book "Climate change: Past and future", by Richard B. Alley.

locos, Por que tanta rareza y camino de la locura, respectivamente.

A través de sus páginas el autor presenta una serie de reflexiones sobre los cambios ocurridos en el planeta tierra en relación con el clima. Esta reflexión sobre el pasado es muy importante porque permite la comprensión de los factores que han incidido en la situación actual. El libro muestra a partir de los datos obtenidos, la existencia de cambios climáticos bruscos a lo largo de las diferentes eras geológicas. Evidenciado según el autor en los hallazgos obtenidos a través de los

sedimentos oceánicos y lacustres, particularmente lo observado en Groenlandia cuyo hielo registra datos de 110.000 años. Estos registros tan relevantes son únicos para entender el comportamiento climático, a diferencia de los vestigios encontrados en la zona de los Andes cuyas características físicas no permiten tener una amplia gama de información sobre el comportamiento climático en estas zonas tropicales y limitan la comprensión de fenómenos como el Niño y la Niña.

Pero volviendo a los registros de Groenlandia, de su análisis se establece que los cambios ocurridos en la tierra se han caracterizado por periodos prolongados de relativa estabilidad que permitieron la implantación de prácticas como la agricultura, pero también se evidencian cambios abruptos en su comportamiento por ejemplo lo ocurrido durante la edad de Hielo.

Al final del documento Alley señala que de acuerdo a los registros analizados, el clima continuará con su proceso de transformación incesante, y que estos cambios generarán ganadores y perdedores, y lamentablemente estos últimos serán la mayoría en el corto y largo plazo, todo dependerá entonces de la tecnología y de la Fortaleza económica que tengan los habitantes de los territorios y de manera un tanto neomalthusiana reflexiona acerca de como el aumento de la población mundial reduzca nuestra capacidad de maniobra al incidir directamente sobre los excedentes con los que se pueda contar. Todo depende de nuestra capacidad de autoregular nuestro crecimiento y mitigar el deterioro Ambiental creciente.

(Página deixada propositadamente em branco)

NOTA DE ABERTURA

Bruno Martins	3
---------------------	---

ARTIGOS

Rafaela Teixeira Paula, Marcelo Motta de Freitas, Rafael da Silva Nunes e Ana C. M. Gonçalves Carvalhoiz Análise da fragilidade ambiental do município de Nova Friburgo - RJ, através da abordagem morfodinâmica	5
Clara Lôbo do N. Passos, Kalinny P. Vaz Lafayette, Thiago Augusto da Silva e Luciana Cássia Lima da Silva Riscos ambientais decorrentes da ocupação irregular: estudo de caso no Bairro do Passarinho, Recife-PE	21
Edneida Cavalcanti, Cynthia Suassuna, Fábio Pedrosa e Mário de Lima Filho Áreas de morros da cidade do Recife (Pernambuco, Brasil): a importância da governança adaptativa diante dos riscos geológicos	37
Alice Barreto Arruda Campos e Rosângela Garrido Machado Botelho Análise da recuperação de sistema ambiental após desastre: um estudo de caso no Brasil	55
Sabrina Rebeca Berbetz e Ariadne Farias Fatores de vulnerabilidade social associados às inundações na área rural de Guaratuba/PR	73
Nathacha Oliveira Pires e Bruno Milanez Os principais desafios na elaboração e implementação de um plano de ação de emergência de barragem no estado de Minas Gerais (Brasil)	87
Houria Bencherif The territory faced with technological risks in Algeria: case of the phenomenon BLEVE's effects related to the transport of hazardous materials	101
Karen Andressa Fernandes, Norma Valencio, Paulo H. T. Zannin, Marluza da Rosa e Rafael Alves Orsis Conflitos relativos ao acionamento da buzina de trem: de alerta antecipado a incômodo sonoro	111

169

NOTAS

Ricardo Eufrásio, Fernando Lopes, Fernanda Vitória, Manuela Branco e Lúcia Amélia Riding a bicycle... With or without a helmet: perceptions and attitudes concerning helmet use among Figueira da Foz youth (2014-2016)	135
Henrique Vicêncio Diretiva Seveso III e a informação pública, um caso de estudo	145
André Francisco Pugas e Cássio Aurélio Suski Método Delphi para categorizar e hierarquizar riscos nos incêndios em edificações hospitalares	151

NOTÍCIAS

Fernando Félix e João Luís Fernandes XVII Encontro Nacional de Riscos: "Riscos, Proteção Civil e Cultura de Segurança: Discursos e Práticas no Portugal Democrático"	161
Fernando Félix e António Vieira III Seminário da Rede Incêndios-Solo	165

RECENSÕES

Yolanda Hernandez Penã El cambio climático. Pasado y futuro	166
---	-----



RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

1 2



9 0



IMPRENSA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS