

Coordenadores:

Adélia Nunes

António Vieira

Bruno Martins

João Luis Fernandes

Fátima Velez de Castro

Riscos, Água e Sociedade. Dinâmicas socioambientais em contextos de incerteza



RISCOS

Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Coimbra, 2025

Riscos, Água e Sociedade. Dinâmicas Socioambientais em Contextos de Incerteza reúne onze trabalhos que, no seu conjunto, oferecem um panorama abrangente e metodologicamente diversificado sobre as interfaces entre riscos, água e sociedade e constitui um espaço de reflexão sobre a produção social da vulnerabilidade, sobre as contingências de origem hídrica e sobre o papel da ciência e da tecnologia na prevenção e mitigação de impactos. Os capítulos organizam-se em torno de eixos temáticos complementares, proporcionando uma visão integrada das problemáticas analisadas e ilustrando a complexidade e transversalidade do tema.

Um aspeto abordado é a própria noção de incerteza, intrínseca tanto aos sistemas ambientais quanto às respostas sociais às ameaças. Enfrentar esta complexidade exige abordagens metodológicas inovadoras, que combinem técnicas qualitativas e quantitativas, análises de séries temporais, modelação hidrológica e estratégias de geoinformação, como Sistemas de Informação Geográfica, deteção remota e análise de índices de vegetação. A diversidade metodológica presente nesta coletânea demonstra a maturidade do campo e a sua capacidade de incorporar novas tecnologias e ciências do território para aprofundar o entendimento das suscetibilidades do meio ambiente.

A inclusão de pesquisas de diferentes regiões do Brasil, bem como de Portugal, enriquece o debate ao fomentar uma perspetiva comparativa. Sublinha também a importância do monitoramento contínuo e da avaliação de impactos em ecossistemas, especialmente perante desastres de grande magnitude. Outro aspeto relevante é o papel da comunicação e difusão do conhecimento científico, dos seus resultados, metodologias, inovações, para a capacitação de comunidades mais resilientes e construção de uma cultura de gestão de riscos.

Esta obra estimula o diálogo entre cientistas, gestores e sociedade civil e os trabalhos aqui apresentados constituem uma base sólida para o desenvolvimento de práticas inovadoras, para a formulação de políticas públicas sustentadas em evidências e para a ampliação do debate comunitário sobre os desafios ambientais contemporâneos.

Prof.^a Doutora Márcia Célia Galinski Kumschlies

Doutora em Tecnologia Ambiental

Pós-Doutoramento em Geografia pela Universidade de Coimbra

Professora reformada da Universidade de Ribeirão Preto, Brasil



RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

ESTRUTURAS EDITORIAIS | EDITORIAL STRUCTURES
Estudos Cindínicos

ANTIGOS DIRETORES | FORMER DIRECTORS
Luciano Lourenço

DIRETOR PRINCIPAL | MAIN EDITOR
Fátima Velez de Castro
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

DIRETORES ADJUNTOS | ASSISTANT EDITORS
Adélia Nunes, António Vieira, Bruno Martins, João Luís Fernandes
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

ASSISTENTE EDITORIAL | EDITORIAL ASSISTANT
Fernando Félix
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

COMISSÃO CIENTÍFICA | EDITORIAL BOARD

Adélia Nunes
Universidade de Coimbra

Ana Meira Castro
Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Betâmio de Almeida
Instituto Superior Técnico, Lisboa

António Duarte Amaro
Universidade Nova de Lisboa

António Vieira
Universidade do Minho

Bruno Martins
Universidade de Coimbra

Cristina Queirós
Universidade do Porto

Fátima Velez de Castro
Universidade de Coimbra

Helena Fernandez
Universidade do Algarve

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

João Luís Fernandes
Universidade de Coimbra

José Simão Antunes do Carmo
Universidade de Coimbra

Luciano Lourenço
Universidade de Coimbra

Romero Bandeira
Inst. de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Tomás de Figueiredo
Instituto Politécnico de Bragança

Antenora Maria da Mata Siqueira
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Antonio Carlos Vitte
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carla Juscélia Oliveira Souza
Universidade de São João del Rei, Brasil

Jorge Olcina Cantos
Universidade de Alicante, Espanha

José Arnaez Vadillo
Universidade de La Rioja, Espanha

Lidia Esther Romero Martín
Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

María Augusta Fernández Moreno
Universidade Católica de Ibarra, Equador

Miguel Castillo Soto
Universidade do Chile

Montserrat Díaz-Raviña
Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

Norma Valencio
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Tiago Ferreira
University of the West of England

Virginia Araceli García Acosta
CIESAS, México

Xavier Ubeda Cartaña
Universidade de Barcelona, Espanha

Yolanda Teresa Hernández Peña
Univ. Distrital Francisco José de Caldas, Colômbia

Yvette Veyret
Universidade de Paris X, França

ADÉLIA NUNES
ANTÓNIO VIEIRA
BRUNO MARTINS
JOÃO LUÍS FERNANDES
FÁTIMA VELEZ DE CASTRO
(COORDS.)



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

RISCOS, ÁGUA E SOCIEDADE

**DINÂMICAS SOCIOAMBIENTAIS
EM CONTEXTOS DE INCERTEZA**

Edição

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Email: riscos@riscos.pt

URL: <https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/>

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Adélia Nunes, António Vieira, Bruno Martins

João Luis Fernandes, Fátima Velez de Castro

IMAGEM DA CAPA

Karine Nieman

PRÉ-IMPRESSÃO

Fernando Félix

EXECUÇÃO GRÁFICA

Fernando Félix

ISSN

2184-5727

DOI (Série)

<https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6>

ISBN Digital

978-989-9053-36-6

DOI

https://doi.org/10.34037/978-989-9053-36-6_19

SUMÁRIO

PREFÁCIO	7
INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULOS:	
Produção da natureza, os riscos ambientais e vulnerabilidades socioespaciais das populações atingidas pelas enchentes em cidades do sul e centro sul da Bahia Altemar Amaral Rocha	15
Cenários prospectivos para a bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Quaraí/Cuareím na fronteira do Brasil e do Uruguai Aline Andressa Bervig	37
Abordagem semi-quantitativa para mapeamento de perigos e riscos de enxurrada (flash flooding) em áreas urbanas: estudo de caso no município de Ibiúna (estado de São Paulo, Brasil) Paulo Cesar Fernandes da Silva e Pedro Carignato Basilio Leal	65
A relação entre os desastres naturais e as despesas empenhadas em defesa civil no município de Fortaleza: um estudo de caso na bacia do rio Maranguapinho (2006-2020) Lília Narcizo, José Brabo e Emerson Mariano	99
Estimativa de mortes por inundações em áreas de risco significativo na Região Norte de Portugal Bruno Carmo e Pedro Pinto Santos	139
Methodology of low impact development (LID) applications to control urban flooding: a case of hydrological modelling in a Brazilian sub-basin Sara Desiree Marostica e André Luiz Lopes da Silveira	163
Metodologia de estudo integrativo para análise do risco de inundações: municípios de Taquara e Parobé - RS – Brasil Igor da Silva Knierin, Luís Eduardo de Souza Robaina e Romario Trentin	189
Dados LIDAR de alta densidade e modelagem hidráulica de fluxo na geração de mapas de perigo de inundação urbana: estudo de caso da Vila Cauhy no distrito Federal – Brasil Ana Paula Cordeiro Costa, Henrique Llacer Roig e Elton Souza Oliveira	221
Monitoramento espaço-temporal da vegetação através da análise do NDVI frente ao regime de chuva na Paraíba-Brasil Bárbara Silva Souza, Célia Campos Braga, Beatriz Alves Lopes e Edivan Silva dos Santos ...	255
Unidades de conservação afetadas pelo derramamento de óleo no litoral brasileiro, ocorrido em 2019-2020 Alessandra Conde de Freitas e Gabriel Viana da Silva	275
Formação e construção de conhecimento científico para professores: estudo de caso Mário Talaia, Carla Vigário, Inês Sousa E Eduardo Figueiredo	309
CONCLUSÃO.....	337

PREFÁCIO

A água, elemento fundamental à vida e ao desenvolvimento das sociedades, apresenta-se simultaneamente como recurso vital e vetor de riscos e vulnerabilidades. Esta dualidade torna-se cada vez mais evidente num contexto global marcado por profundas transformações climáticas, urbanização acelerada, intervenção antrópica desordenada e crescentes pressões sobre os ecossistemas aquáticos. A incerteza hidrológica – manifesta tanto na escassez quanto no excesso hídrico – redefine as paisagens físicas e humanas, exigindo uma compreensão aprofundada das dinâmicas socioambientais que caracterizam o nosso tempo.

A RISCOS – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, ao viabilizar esta edição dos Estudos Cindínicos dedicada ao tema “Riscos, Água e Sociedade”, reafirma o seu compromisso com a produção e difusão de conhecimento científico rigoroso sobre os fenómenos de risco, particularmente aqueles relacionados com o recurso hídrico e as suas múltiplas manifestações no território. Os estudos cindínicos, enquanto campo científico dedicado ao exame sistemático dos riscos e perigos, encontram nesta obra uma expressão madura e diversificada, congregando investigações que atravessam diferentes escalas espaciais, temporais e metodológicas.

Nas últimas décadas, observa-se um aumento expressivo na frequência e intensidade de eventos hidrológicos extremos, como inundações urbanas, enxurradas repentinas, secas prolongadas e episódios de contaminação de corpos de água. Esses fenómenos revelam uma crise ambiental profundamente interligada às formas de organização social, ocupação territorial e gestão dos recursos naturais. O conceito de incerteza, central nesta obra, reflete-se tanto nos sistemas climáticos e hidrológicos quanto nas respostas sociais, políticas e institucionais frente às ameaças ambientais, justificando plenamente a dedicatória de um volume inteiramente voltado a esta temática.

Esses acontecimentos não podem ser analisados isoladamente do contexto social em que surgem; eles expõem e intensificam desigualdades preexistentes, aumentando vulnerabilidades e destacando a necessidade de abordagens

integradas, interdisciplinares e participativas na conceção de estratégias e ações voltadas à prevenção, mitigação e adaptação.

O contexto lusófono, com destaque para Portugal e Brasil, apresenta realidades territoriais onde a relação entre água e sociedade assume contornos particularmente desafiantes. Desde as grandes bacias hidrográficas brasileiras, cujas dinâmicas de inundação afetam milhões de pessoas, até aos rios e ribeiras portuguesas, cujos regimes torrenciais testam a resiliência das comunidades urbanas e rurais, os territórios de língua portuguesa partilham desafios comuns que exigem abordagens científicas robustas e contextualmente enfrentadas.

Esta publicação reúne onze trabalhos que, no seu conjunto, oferecem um panorama abrangente e metodologicamente diversificado sobre as interfaces entre riscos, água e sociedade e constitui um espaço de reflexão sobre a produção social da vulnerabilidade, sobre as contingências de origem hídrica e sobre o papel da ciência e da tecnologia na prevenção e mitigação de impactos. Os capítulos organizam-se em torno de eixos temáticos complementares, proporcionando uma visão integrada das problemáticas analisadas e ilustrando a complexidade e transversalidade do tema.

Um aspeto abordado é a própria noção de incerteza, intrínseca tanto aos sistemas ambientais quanto às respostas sociais às ameaças. Enfrentar esta complexidade exige abordagens metodológicas inovadoras, que combinem técnicas qualitativas e quantitativas, análises de séries temporais, modelação hidrológica e estratégias de geoinformação, como Sistemas de Informação Geográfica, deteção remota e análise de índices de vegetação. A diversidade metodológica presente nesta coletânea demonstra a maturidade do campo e a sua capacidade de incorporar novas tecnologias e ciências do território para aprofundar o entendimento das suscetibilidades do meio ambiente.

A inclusão de pesquisas de diferentes regiões do Brasil, bem como de Portugal, enriquece o debate ao fomentar uma perspetiva comparativa. Embora essas regiões apresentem distintos padrões climáticos, formas de ocupação do solo, dinâmicas socioeconómicas e estratégias de gestão ambiental, partilham entraves que podem ser enfrentados por meio de experiências comuns, intercâmbio de boas práticas e cooperação transnacional. Esta visão é fundamental para reconhecer que as

fragilidades do meio natural, sobretudo os relacionados com a água, ultrapassam fronteiras e exigem soluções cooperadas e contextualmente apropriadas.

A coletânea também sublinha a importância do monitoramento contínuo e da avaliação de impactos em ecossistemas, especialmente perante desastres de grande magnitude. Esses episódios revelam que a degradação ambiental intensifica vulnerabilidades sociais e aumenta a probabilidade de impactos severos. Assim, compreender o vínculo entre deterioração dos ecossistemas e aumento dos perigos torna-se essencial para aprimorar estratégias de prevenção, orientar diretrizes públicas e fortalecer ações educativas voltadas à sensibilização da população e ao reforço institucional.

Outro aspecto relevante é o papel do conhecimento científico na construção de uma cultura de gestão de riscos. A comunicação eficaz dos resultados de investigação, a formação de professores, a capacitação de comunidades, decisores políticos e atores sociais são elementos indispensáveis para transformar aprendizado técnico em ação concreta. A transferência de tecnologia, a inclusão social e a valorização dos saberes locais surgem como pilares de uma estratégia de longo prazo para a construção de sociedades mais resilientes, conscientes e capazes de conviver com a incerteza de forma participativa e justa.

As questões aqui discutidas não têm respostas fáceis ou definitivas; contudo, a investigação científica rigorosa constitui passo essencial para enfrentá-las. O domínio científico produzido pelos estudos cindínicos deve transcender os círculos acadêmicos, subsidiando efetivamente a gestão territorial, as políticas públicas e a consciência coletiva sobre os riscos. A qualidade e diversidade dos trabalhos aqui reunidos testemunham a vitalidade da comunidade científica dedicada a estas temáticas e a relevância social da investigação do risco.

Esta obra estimula o diálogo entre cientistas, gestores e sociedade civil e os trabalhos aqui apresentados constituem uma base sólida para o desenvolvimento de práticas inovadoras, para a formulação de políticas públicas sustentadas em evidências e para a ampliação do debate comunitário sobre os desafios ambientais contemporâneos.

Desejo que esta leitura, mais do que um repositório de conhecimento, seja um convite à reflexão crítica, à ação mobilizadora e à construção solidária de

um futuro em que a gestão do risco se encontre efetivamente democratizada, promovendo comunidades mais equitativas, conscientes e sustentáveis no seu convívio com a incerteza.

Boa leitura!

Vila Nova de Famalição (Portugal), 19 de novembro de 2025

Márcia Célia Galinski Kumschlies

INTRODUÇÃO

Bruno Martins

Universidade de Coimbra, CEGOT e RISCOS (Portugal)
Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e Turismo
ORCID: 0000-0001-8681-2349 bmscmartins@gmail.com

Segundo o *World Resources Institute* (WRI) os problemas relacionados com a escassez de água afetam atualmente cerca de um quarto da população mundial, com especial incidência no Norte de África e Ásia, fruto tanto do crescimento demográfico como da tendência de concentração da população em áreas urbanas. Este problema não é somente de natureza quantitativa, como de índole qualitativo. Se, por um lado é aparentemente crónico em vastas áreas do planeta, por outra parte ele tem-se agravado com o crescimento demográfico urbano, aliado a um modo de vida mais difícil de satisfazer no que ao consumo de água diz respeito, exigindo formas de o mitigar, em que o enfoque está colocado na problemática da gestão hídrica, desperdício, na procura de novas fontes e, inevitavelmente, na diminuição do consumo.

Com efeito, as perdas físicas e económicas nas redes de abastecimento de água nos principais aglomerados urbanos representaram valores muito altos da água disponível. Perdas que correspondem fundamentalmente a fugas de água provocadas por ruturas de condutas e a ligações ilegais à rede de distribuição, a que acrescem, ainda, os consumos não cobrados.

De um modo geral, os custos de exploração associado à gestão dos sistemas de abastecimento de água são muito elevados e implicam um acentuado consumo de energia necessária para a captação, tratamento e adução de água. Por outro lado, a deficiente estrutura urbana, especialmente em países menos desenvolvidos, agudiza os problemas de eficiência no que à gestão da água dizem respeito, com impactes económicos, ambientais, sociais e de saúde significativos, decorrentes de situações de utilização não autorizada de água, equipamentos de medição deficientes, ou mesmo inexistentes, ou, ainda, de políticas inadequadas. Neste contexto é necessário, por um lado, o desenvolvimento de estratégias que visem as boas práticas e, por outro, o incremento de um consumo mais coadunado

com os recursos hídricos disponíveis, o que, decerto, implicará a sensibilização e o envolvimento de todos os intervenientes. Os problemas relacionados com o elevado consumo e perda de água contribui, na prática, para a diminuição das disponibilidades de água, implicando recorrer a novas origens de água, tais como novos furos e captações, ou mesmo à dessalinização e construção de barragens.

A dependência das águas subterrâneas está a diminuir gradualmente à medida que diminui a sua disponibilidade, e o problema não só se relaciona com a quantidade, mas também com a qualidade da água. A crise de água tem implicado o recurso a novas formas de obtenção, como é o caso da dessalinização, tornando-se, paulatinamente, indispensável à medida que os aglomerados urbanos se foram tornando maiores e com eles, as necessidades de águas. Embora nevrálgico como recurso hídrico para alguns países, o processo de dessalinização acarreta custos energéticos muito significativos. O impacto é reforçado em países muito dependentes de combustíveis, ao qual acrescem os necessários e avultados investimentos iniciais.

Não obstante, o problema da gestão hídrica tem ganho importância aliada à variabilidade intra e interanual das precipitações. Ao longo dos anos têm-se verificado um abaixamento dos níveis freáticos assim como indícios de intrusão salina nalgumas áreas costeiras, em vastos territórios, traduzidos no aumento significativo da salinização em pontos de capturas.

Para solucionar a escassez de água, urge aplicar programas que visem uma utilização mais racional da água, que podem incluir diversas ações com o desígnio de diminuir o consumo. Por outro lado, há exemplos de situações onde se preconizou a aplicação de bacias de retenção para armazenamento de águas pluviais que, posteriormente, seriam utilizadas para aumentar o caudal dos aquíferos, por infiltração. Acresce que a localização de estações de tratamento de águas residuais deverá considerar a posterior utilização dessa água, por exemplo, na irrigação agrícola e na recarga de aquíferos, corroborando a ideia de incluir, na conceção do sistema de abastecimento de água, o aproveitamento integral de todos os recursos hídricos disponíveis.

Por outro lado, têm-se assistido a um aumento do número de cheias e inundações, especialmente em áreas urbanas. Muito recentemente a tempestade

tropical Erin provocou inundações repentinas sem precedentes em São Vicente (Cabo Verde), sendo a cidade do Mindelo a mais afetada. As chuvas torrenciais, que atingiram 193 mm em apenas cinco horas, excederam em muito a média anual da ilha, sobrecarregando os sistemas de drenagem e levando o governo a declarar estado de emergência. As inundações resultaram na morte de pelo menos oito pessoas, três desaparecidas, enquanto aproximadamente 1.500 residentes foram desalojados e forçados a se refugiar em abrigos temporários, com danos em infraestruturas críticas, incluindo o hospital principal, clínicas de saúde, escolas, instalações de águas residuais, redes rodoviárias e serviços públicos.

A arduidade associada à gestão hídrica implica decerto uma abordagem multi e interdisciplinar. É nosso ensejo que este livro cumpra os propósitos para o qual foi pensado, e que se transforme num valioso instrumento de trabalho, e um veículo de disseminação de informação e de sensibilização para a temática da água!

**METODOLOGIA DE ESTUDO INTEGRATIVO PARA
ANÁLISE DO RISCO DE INUNDAÇÕES:
MUNICÍPIOS DE TAQUARA E PAROBÉ - RS - BRASIL**
INTEGRATIVE STUDY METHODOLOGY FOR FLOOD
RISK ANALYSIS: MUNICIPALITIES OF TAQUARA
AND PAROBÉ - RS - BRAZIL

Igor da Silva Knierin

Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Geologia Ambiental (Brasil)
Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia
ORCID: 0000-0002-0825-5425 igorknierin@gmail.com

Luís Eduardo de Souza Robaina

Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Geologia Ambiental (Brasil)
Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia
ORCID: 0000-0002-2390-6417 lesrobaina@yahoo.com.br

Romario Trentin

Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Geologia Ambiental (Brasil)
Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia
ORCID: 0000-0002-0615-2801 romario.trentin@gmail.com

Resumo: Este trabalho possui, como área de estudo a área urbana dos municípios de Taquara e Parobé, situados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Paranhana, com características naturais que tornam a área suscetível aos processos de inundação, de tal modo a determinar as áreas suscetíveis ocupadas por diferentes usos urbanos como as áreas em Perigo. Nessas áreas, para definição do grau de perigo, foram analisadas as distâncias das edificações ao curso fluvial, a frequência de eventos, e a dimensão do curso fluvial, sendo o rio Paranhana o de maior dimensão em relação aos seus afluentes. A vulnerabilidade indica as possíveis consequências e é

analisada por três indicadores: Fator exposição; Dados socioeconômicos; Padrão de ocupação. O risco de inundação foi determinado a partir da interação entre as duas variáveis: Perigo e Vulnerabilidade. As áreas de inundações cobrem aproximadamente 9,27 km² dos municípios. No município de Taquara as inundações ocorrem a oeste da área urbana, na planície de inundação do rio Paranhana e de seus respectivos afluentes. Na área central, as inundações são decorrentes do arroio Taquara. No município de Parobé, elas ocorrem a leste da área urbana, na planície de inundação do rio Paranhana e de seus afluentes.

Palavras-chave: Risco, desastres, fluvial.

Abstract: This work has, as a study area, a spatial cut of the urban area of the municipalities of Taquara and Parobé, located in the lower course of the hydrographic basin of the Paranhana river. The natural characteristics that make the area susceptible to flooding processes. Hazard is identified in susceptible areas with occupation in different uses. In these areas, to define the degree of Hazard, the distances from buildings to the river course, the frequency of events, and the size of the river course, with the Paranhana River being the largest in relation to its tributaries. Vulnerability is analyzed by three variables defined as: Exposure factor; Socioeconomic data; Occupation pattern. The flood risk was determined as a result the interaction between the two variables: Hazard and Vulnerability. Flood areas cover approximately 9.27 km² in the municipalities. In the municipality of Taquara, floods occur in the West of the urban area, in the floodplain of the Paranhana river and its tributaries. In the central area, the floods are due to the Taquara stream. In the municipality of Parobé, they are located in the East of the urban area in the floodplain of the Paranhana river and its tributaries.

Keywords: Risk, disasters, river.

Introdução

Entre os processos que podem ocasionar situações de risco e, por conseguinte, um desastre, destacam-se as inundações. Esse tipo de processo caracteriza-se pelo transbordamento das águas de um curso d'água, as quais atingem a planície de inundação ou área de várzea (BRASIL, 2007; Amaral e Ribeiro, 2015). Quando isso ocorre e essas áreas encontram-se ocupadas por uma comunidade, consequências com danos podem ser deflagradas.

A expansão dos centros urbanos em áreas suscetíveis aos danos como planícies de inundação, contribuiu para aumentar as áreas de risco e, conseqüentemente, para os impactos causados pelos processos de inundação (Wisner *et al.*, 2003; Amaral e Ribeiro, 2015). O espaço das cidades e a sua (re)produção são um reflexo das estruturas sociais que os moldam. Por esse motivo, uma estrutura social dividida em classes torna-se produtora de um espaço urbano também dividido, marcado pelos diferentes usos e funções do solo e pela segregação socioespacial (Souza e Santos, 2006). Para Moraes (2008) e Souza (2009) no Brasil, assim como em outros países da periferia capitalista, grande parte do acesso à moradia ocorre às margens do mercado formal. Portanto as áreas de risco de desastres (re)produzem-se no espaço urbano a partir da ocupação de locais naturalmente suscetíveis aos processos naturais, como nascentes e margens de cursos d'água periodicamente afetados por inundações. Esses espaços são ocupados por sujeitos, geralmente de maior vulnerabilidade socioeconômica, em função do processo de segregação residencial, vinculado ao valor imposto ao uso da terra.

Este trabalho possui como área de estudo a área urbana dos municípios de Taquara e Parobé, situados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Paranhana, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, a 85 km de distância de Porto Alegre, capital do estado (fig. 1). As características naturais tornam a área suscetível aos processos de inundação decorrentes do rio Paranhana e de seus afluentes e, a partir da (re)produção do espaço e intervenções antrópicas, materializaram-se as áreas de risco.

Os eventos de inundação ocasionaram danos e perdas de diferentes intensidades aos sujeitos e seus ativos. As intervenções antrópicas executadas sobre elementos

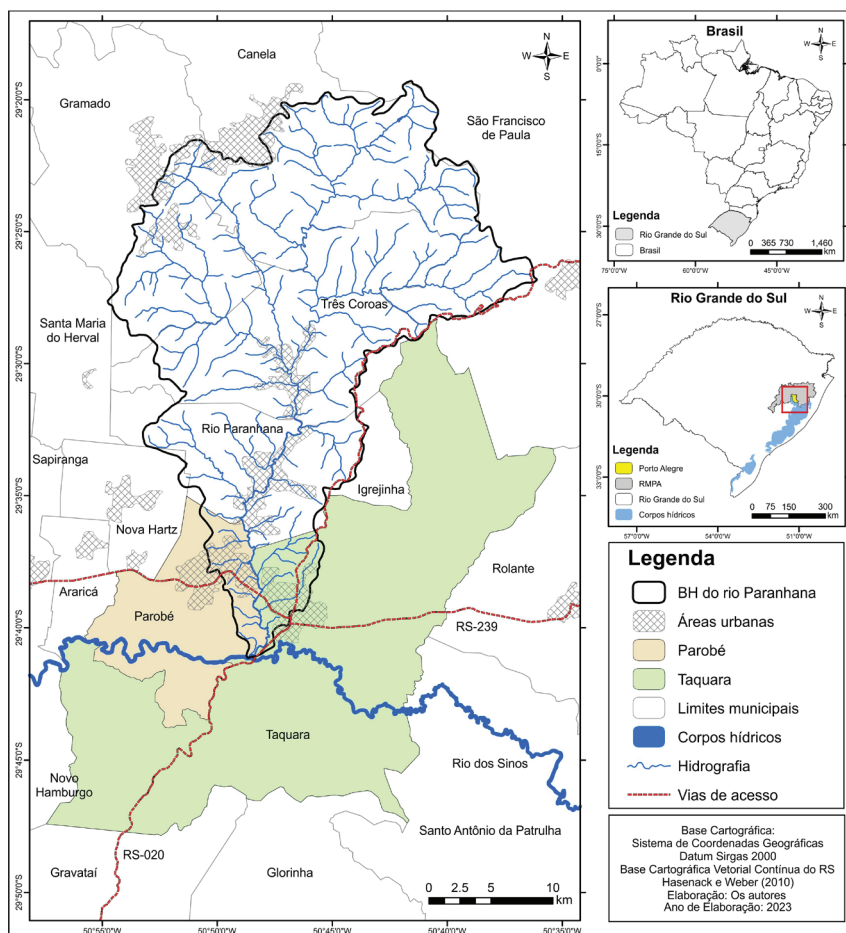


Fig. 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Paranhana e dos municípios de Taquara e Parobé.

Fig. 1 - Location map of the Bacia Hidrográfica do Rio Paranhana and the municipalities of Taquara and Parobé.

naturais (retificações e canalizações de cursos d'água, impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, entre outros) atuam negativamente e condicionam ou agravam o risco de desastres. Essa problemática é corroborada pelo histórico de eventos de inundação que ocorrem nessa região, que registra entre 1975 e 2020, um total de 77 eventos de inundação. Em dezenove vezes, foi decretada Situação

de Emergência, Estado de Emergência ou Estado de Calamidade Pública pelos municípios para atuar sobre os danos ocorridos. Como resultado disso, ao longo desse período, milhares de pessoas desalojadas ou desabrigadas, perdas econômicas, danos a bens materiais e equipamentos urbanos, privação da circulação, danos emocionais e à vida.

O estudo apresenta um modelo de análise abrangente e integrativo, que se baseou na identificação do perigo de inundação e na vulnerabilidade dos sujeitos e seus ativos. A combinação das distintas variáveis fornece uma avaliação multidisciplinar que combina informações qualitativas e quantitativas com auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A noção de risco é complexa, sendo que, na literatura sobre riscos de inundação, são apresentados diversos conceitos como perigo, vulnerabilidade, exposição e risco. As relações entre esses termos em diversas vezes não são claras, como também os termos podem apresentar significados distintos de acordo com o contexto em que são empregados e a área de atuação e origem diferentes dos pesquisadores (Bharwani *et al.*, 2008; Veyret e Richemond, 2015a; Brito, 2018).

Essa pesquisa aborda o desastre como a ocorrência de um evento natural, que representa um perigo e afeta de maneira negativa uma população, expressa por sua vulnerabilidade. Portanto o risco é entendido como a probabilidade de consequências prejudiciais ou danosas, resultantes da interação entre um perigo e as condições de vulnerabilidade de um dado elemento, grupo ou comunidade (UNISDR, 2009; Tominaga, 2015; Menezes, 2018).

O perigo representa o resultado de um evento adverso com potencial de causar danos (sociais, econômicos, estruturais, ambientais, entre outros) a um determinado ativo. A sua denominação pode ser variada, enquanto, na língua francófônica, adotou-se o termo *álea*, as anglo-saxônicas utilizaram *hazard* e as espanholas, *peligro*. No Brasil, as traduções podem ser expressas, como perigo, ameaça, eventos perigosos, etc. (Castro, 1998; Castro, 2000; Marandola Jr. e Hogan, 2004; UNISDR, 2009; Zanella e Olímpio, 2014; Veyret e Richemond, 2015b). Para estabelecer o zoneamento do perigo existe um grande universo de indicadores conforme apresentado em variadas pesquisas (Komi *et al.*, 2016; Jamrussri e Toda, 2018; Luu e Meding, 2018; Afifi *et al.*, 2019; Abdrabo *et al.*, 2020).

Para que o risco ocorra, é necessário que o perigo afete elementos expostos a ele, nesse entendimento, a exposição representa o nível ao qual pessoas, edificações, infraestruturas estão sujeitas, em uma área com probabilidade de ser afetada por um perigo (Zuquette, 2018). Neste sentido, a vulnerabilidade representa a propensão dos elementos expostos, em sofrer efeitos adversos quando impactados por um perigo ou ameaça. Dessa forma, determinar a capacidade desses elementos de enfrentar o problema, ou seja, a sua vulnerabilidade, representa parâmetro fundamental para indicar o risco (UNISDR, 2009; Robaina, 2013; Brito, 2018).

A vulnerabilidade consiste em uma variável multidimensional (Cutter, 2003) e complexa devido à incerteza para sua medição e classificação (Tate, 2013). Ademais, está intimamente ligada aos processos sociais que se desenvolvem nas áreas de risco e, frequentemente, possui relação com a fragilidade, suscetibilidade ou falta de resiliência da população aos diversos perigos e a sua avaliação combina diferentes dimensões (Vojinović *et al.*, 2014; Fernandez *et al.*, 2016). Como exemplo de método para avaliar a vulnerabilidade, Goerl *et al.* (2012), Brito *et al.* (2017) e Ramos *et al.* (2018) utilizaram indicadores socioeconômicos oriundos do censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Em geral, uma população com *status* socioeconômico relativamente maior, o acesso a recursos e atributos de ambiente construído é menos vulnerável e, normalmente, tem melhor desempenho durante e após eventos de desastre (Aksha *et al.*, 2020). Em outra forma de abordagem, são realizadas implicações para uma determinada área de estudo, sendo estabelecidos os indicadores dentro da área de interesse, considerando as características como o padrão construtivo das edificações, tipos de usos e atividades expostas (Kormann *et al.*, 2013; Freitas, 2017; Ramos *et al.*, 2018; Knierin *et al.*, 2019). Em grande parte desses estudos, a vulnerabilidade é analisada com viés da estrutura física das edificações e considerando condições de infraestrutura urbana.

De acordo com a discussão exposta, observa-se o quanto é complexa a análise do risco de inundação, necessitando a abordagem de diferentes aspectos na área de estudo, como o perigo, os elementos expostos e a vulnerabilidade. O sucesso nessa avaliação é condicionado às características *in loco* e de disponibilidade de dados consistentes, em que a escolha do método empregado deve estar centralizada no

melhor resultado. Considerando áreas em que a disponibilidade de dados é limitada, uma abordagem participativa e mista, que combine a participação dos sujeitos que sofrem os efeitos dos eventos, agentes públicos, análises documentais de diferentes fontes, análises *in loco*, entre outras abordagens, podem contribuir para superar as limitações e tornarem o produto final e seu posterior uso mais eficazes.

As geotecnologias possibilitaram avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, como também em ações de planejamento, processos de gestão, manejo e demais aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico (Fitz, 2008). Diversos pesquisadores como Kienberger *et al.* (2009), Sar *et al.* (2015), Fernandez *et al.* (2016), Komi *et al.* (2016), Luu e Meding (2018), Jamrussri e Toda (2018), Afifi *et al.* (2019), Abdrabo *et al.* (2020), entre outros, buscaram analisar áreas de risco de inundação e utilizaram, para isso, o arcabouço geotecnológico para a solução de diferentes questões e mapeamentos.

Metodologia

Para a elaboração do banco de dados cartográfico, foram utilizadas imagens ópticas de alta resolução espacial da área urbana disponibilizadas no software ArcGIS e pontos coletados em trabalhos de campo com equipamentos de posicionamento global. Mapas temáticos e bases vetoriais obtidos por meio do IBGE (2010) referentes aos Setores Censitários, bem como informações administrativas gerais.

Os primeiros procedimentos metodológicos buscaram identificar, na área urbana dos municípios, as áreas suscetíveis às inundações dos cursos fluviais. Para isso desenvolveu-se a cartografia dos canais fluviais na área urbana, cartografia do relevo com a identificação dos elementos planos, junto aos canais fluviais, somados com dados disponíveis nos acervos da Defesa Civil como registros de áreas afetadas e sua frequência, estudos prévios e trabalhos de campo (fig. 2).

O produto que segue é a geração do mapa de ocupação através de imagens de satélite em que buscou-se identificar as áreas suscetíveis ocupadas por diferentes usos urbanos, em especial as habitações. Nessas áreas foram determinadas as distâncias das edificações em relação aos cursos fluviais, a frequência de eventos, obtida através

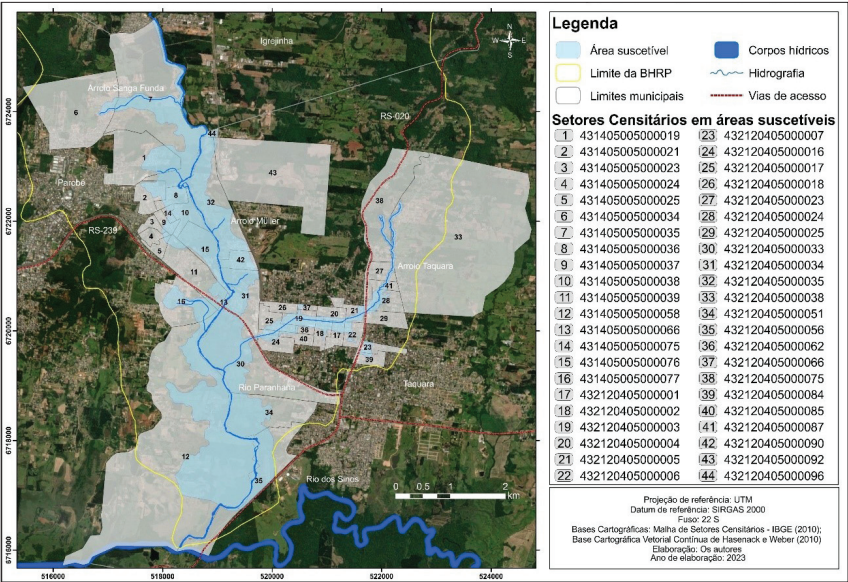


Fig. 2 - Mapa das áreas suscetíveis às inundações e setores censitários de Taquara e Parobé.

Fig. 2 - Map of areas susceptible to flooding and census sectors of Taquara and Parobé.

do inventário disponível para o período de 1975 a 2020, e a dimensão do curso fluvial, onde se considerou que os processos associados diretamente ao rio Paranhana são mais severos que os associados aos seus afluentes (TABELA I), indicadores esses que permitiram a determinação do grau de Perigo.

TABELA I - Indicadores utilizados para determinar o perigo de inundação.

TABLE I - Indicators used to determine flood hazard.

Perigo de inundação	Indicador	Dado utilizado
	Distância do curso d'água	Áreas suscetíveis as inundações dos cursos fluviais, imagem óptica de satélite, trabalhos de campo e pontos de controle
	Frequência de inundação	Inventário de eventos de inundação e trabalhos de campo
	Dimensão do curso d'água	Inventário de eventos de inundação e trabalhos de campo

O mapeamento da vulnerabilidade indica as áreas onde o evento pode causar danos, a frequência com que esse evento pode ocorrer e a severidade dada pelas características dos cursos fluviais. A sua avaliação combina diferentes dimensões,

bem como dados quantitativos e qualitativos. Utilizou-se uma proposta de integrar dados obtidos em análise espacial, observações de campo e informações disponíveis em setores do censo demográfico fornecidos pelo IBGE para determinar a capacidade dos habitantes de enfrentar o problema. A vulnerabilidade foi analisada por três variáveis definidas como: fator exposição; dados socioeconômicos; padrão urbano, apresentados na TABELA II com todos os indicadores.

TABELA II - Variáveis e indicadores utilizados para determinar a vulnerabilidade.

TABLE II - Variables and indicators used to determine vulnerability.

Fatores	Indicador de vulnerabilidade	Variáveis	Fonte
Exposição	Densidade demográfica	Percentual de pessoas por km ²	Censo demográfico
	Densidade de domicílios	Percentual de domicílios por km ²	Censo demográfico
	Área suscetível	Percentual da área do setor censitário que é suscetível à inundação	Mapa de suscetibilidade e setores censitários
Dados socioeconômicos	Renda mensal	Percentual de pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até 1 salário-mínimo	Censo demográfico
	Crianças e idosos	Percentual de crianças e idosos	Censo demográfico
Padrão urbano	Tipo de material da edificação	Alvenaria, madeira ou misto (madeira e alvenaria) e material reciclado	Trabalhos de campo
	Adaptação contra inundação	Presente ou ausente	Trabalhos de campo
	Infraestrutura urbana	Presente ou ausente/precária	Trabalhos de campo

O fator exposição compreende o número de pessoas ou ativos localizados em áreas sujeitas a perigos (Brito, 2018; Komi *et al.*, 2016; Luu e Meding, 2018). As áreas edificadas em cada setor censitário são obtidas com o uso de imagens onde foi realizada a vetorização para obtenção da mancha urbana. Já o número de residentes é retirado dos dados do censo demográfico. O ordenamento da ocupação assegura condições locais adequadas e de definição precisa facilitando a mobilidade na área, assim como possibilita a implantação segura de vias e redes de esgoto e de drenagem urbana.

Com relação aos dados socioeconômicos as variáveis mais utilizadas, em todos os trabalhos pesquisados, são a renda mensal e a faixa etária da população. Esses indicadores representam as condições econômicas para lidar com os impactos,

possíveis restrições na mobilidade, na autonomia e capacidade de decisão. Na fig. 2 estão apresentados os setores analisados para o estudo, por se encontrarem em áreas afetadas pelas cheias do rio Paranhana e/ou seus afluentes.

A variável padrão urbano é analisada com base na estrutura física das edificações e considerando condições de infraestrutura urbana, através de trabalhos de campo e estabelecendo um zoneamento em que são delimitados setores a partir do predomínio de uma condição. As moradias são analisadas considerando o material construtivo e a presença ou ausência de adaptações contra inundações. Representa uma análise econômica indireta e indica condições de resistência a destruição pela ocorrência de um evento, condições de locomoção, exposição à água contaminada e doenças de veiculação hídrica.

A utilização desses dados do censo demográfico, em estudos de risco, traz um desafio metodológico, que consiste em buscar a melhor associação entre os setores censitários e os polígonos de áreas de perigo, devido às diferenças de geometria entre eles. Para a melhor análise ainda foi realizada a comparação entre as áreas ocupadas e de perigo, por meio de análise visual de imagens de satélite. Utiliza-se o Método Dasimétrica Binária (MDB) que é um tipo de interpolação zonal que se baseia em dados auxiliares especialmente aqueles provenientes do sensoriamento remoto (Holt *et al.*, 2004; Ramos, 2017; Ramos *et al.*, 2018).

Uma vez que os indicadores possuem unidades de medidas diferentes, foi realizada a padronização dos valores. Para tanto, utilizou-se o método adotado por Buzai (2014). Cada indicador foi escalonado com valores de 0 (menor perigo/vulnerabilidade) a 1 (maior perigo/vulnerabilidade), considerando uma tendência linear entre os valores mínimos e máximos observados. A normalização Min-Max é obtida por meio da equação:

$$X_{\text{norm}} = (X - X_{\text{min}}) / (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})$$

Onde:

X: valor original,

X_{min} : valor mínimo do conjunto de dados,

X_{max} : valor máximo.

Os indicadores utilizados foram definidos com base em decisão multicritério, em especial, o Processo Analítico Hierárquico (AHP) com a modelagem espacial em

ambiente de um SIG. Para dar suporte à tomada de decisão, com possibilidade de análise comparativa de fatores ou atributos e de múltiplos cenários, esses métodos são utilizados em análises comparativas (Pimenta *et al.*, 2019). Durante o processo, são atribuídos pesos específicos para cada critério, quantificando a importância relativa de cada um e, com isso, um critério pode ter diferentes graus de relevância (Voogd, 1983; Ramos, 2017).

O método AHP é adotado para tomada de decisão multicritério e serve como uma base para integrar e determinar a importância das variáveis-critérios (Althuwaynee *et al.*, 2014; Kazakis *et al.*, 2015; Kabenge *et al.*, 2017; Hoque *et al.* 2018, Aksha *et al.*, 2020). Foi desenvolvido por Saaty (1991) e consiste na comparação de critérios, questionando quanto um é mais ou menos importante que o outro, por meio de uma escala pré-definida, de tal modo a também possibilitar realização de uma avaliação do grau de inconsistência dos julgamentos realizados e, assim, assegurar a coerência das avaliações realizadas (fig. 3).



Fig. 3 - Escala de intensidade de importância relativa entre os fatores
(Fonte: Adaptado de Saaty, 1991).

*Fig. 3 - Intensity scale of relative importance between the factors
(Source: Adapted from Saaty, 1991).*

Em razão da sua simplicidade e flexibilidade, essa técnica é amplamente utilizada (Brito e Evers, 2016; Ramos, 2017). Na pesquisa a ponderação dos pesos dos indicadores do perigo e da vulnerabilidade foram estabelecidos de acordo com a TABELA III.

As classes de perigo e vulnerabilidade foram estabelecidas em graus baixo, médio, alto e muito alto foram com base no método de quebras naturais na distribuição dos dados da variável (Ferreira, 2014). Os mapas de perigo e vulnerabilidade foram validados a partir dos trabalhos de campo na área de estudo com suporte dos técnicos das Defesas Civas dos municípios de Taquara e Parobé (fig. 4).

TABELA III - Matriz com a ponderação das variáveis de perigo e da vulnerabilidade.

TABLE III - Matrix with the weighting of the hazard and vulnerability variables.

Perigo	Indicador	Distância do curso d'água	Frequência de inundação	Dimensão do curso d'água	Peso
	Distância do curso d'água	1	3	5	63.699
	Frequência de inundação	1/3	1	3	25.828
	Dimensão do curso d'água	1/5	1/3	1	10.473
CR = 0,037					
Vulnerabilidade	Indicador	Dados socioeconômicos	Padrão Urbano	Exposição	Peso
	Dados socioeconômicos	1	2	5	55.907
	Padrão urbano	1/2	1	5	35.219
	Exposição	1/5	1/5	1	8.875
CR = 0,052					

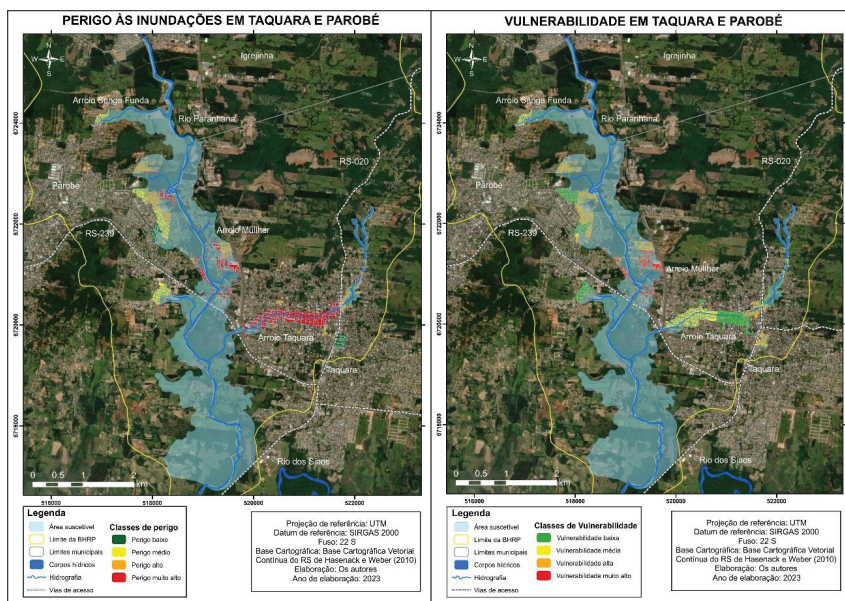


Fig. 4 - Mapas de perigo de inundações e vulnerabilidade em Taquara e Parobé.

Fig. 4 - Flood hazard and vulnerability maps of Taquara and Parobé.

A análise integrada do perigo e da vulnerabilidade, como também, a sua hierarquização em diferentes níveis, possibilita estabelecer o estudo do risco de inundação. Esse risco expressa-se condicionado as características mutáveis na área em análise e apresenta caráter de síntese das informações retratadas. A estimativa

do risco em diferentes graus ou classes no espaço manifesta-se em função da intensidade, frequência e magnitude dos eventos de inundação, como também as características da vulnerabilidade dos elementos expostos.

O risco de inundação foi determinado a partir dos dados obtidos para o perigo e vulnerabilidade e apresentou, como resultado, a interação entre as duas variáveis. A partir disso, foram hierarquizados graus de risco, considerando que quanto maior apresentam-se os graus de perigo e de vulnerabilidade, maior é o grau de risco. Como referência para isso, baseou-se nos estudos de Tominaga (2015), Jamrussri e Toda (2018), Afifi *et al.* (2019) e Abdrabo *et al.* (2020).

A partir dos planos de informações de perigo (mapa de perigo) e vulnerabilidade (mapa de vulnerabilidade), os dados das duas variáveis foram cruzados em uma matriz, conforme é exemplificado na TABELA IV.

TABELA IV - Matriz que apresenta a relação entre o perigo e a vulnerabilidade.

TABLE IV - Matrix that presents the relationship between hazard and vulnerability.

Variáveis	Vulnerabilidade baixa (V1)	Vulnerabilidade média (V2)	Vulnerabilidade alta (V3)	Vulnerabilidade muito alta (V4)
Perigo baixo (P1)	P1 e V1	P1 e V2	P1 e V3	P1 e V4
Perigo médio (P2)	P2 e V1	P2 e V2	P2 e V3	P2 e V4
Perigo alto (P3)	P3 e V1	P3 e V2	P3 e V3	P3 e V4
Perigo muito alto (P4)	P4 e V1	P4 e V2	P4 e V3	P4 e V4

Na análise do risco, considerou-se que o perigo apresenta maior importância para a situação de risco do que a vulnerabilidade, uma vez que, em situações de baixa possibilidade para que ocorra um processo de inundação, a vulnerabilidade alta (V3) ou muito alta (V4) caracteriza um problema intrinsecamente social. Dessa maneira, a vulnerabilidade alta e muito alta combinada com um perigo, de ocorrência de inundação, baixo (P1), apresentaria um risco médio (R2).

Diante disso, foram estabelecidos quatro graus de risco, discriminados em risco baixo (R1), risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4), conforme apresentado na TABELA V. O mapa final de risco de inundação foi validado a partir dos trabalhos de campo na área de estudo, inventário de registro de eventos de inundação e consulta aos técnicos das Defesas Civas Municipais.

TABELA V - Graus de risco de inundação.

TABLE V - *Degrees of flood risk.*

Graus de risco	Variáveis de perigo e vulnerabilidade
Risco baixo (R1)	Corresponde às áreas com classes de perigo baixo com vulnerabilidade baixa e média, perigo médio com vulnerabilidade baixa.
Risco médio (R2)	Corresponde às áreas com classes de perigo baixo com vulnerabilidade alta e muito alta, perigo médio com vulnerabilidade média e alta, perigo alto com vulnerabilidade baixa.
Risco alto (R3)	Corresponde às áreas com classes de perigo médio com vulnerabilidade muito alta, perigo alto com vulnerabilidade média e alta, perigo muito alto com vulnerabilidade baixa e média.
Risco muito alto (R4)	Corresponde às áreas com classes de perigo alto com vulnerabilidade muito alta, perigo muito alto com vulnerabilidade alta e muito alta.

Resultados

O inventário de registro dos eventos de inundação nos municípios de Taquara e Parobé entre 1975 e 2020, identificou um total de 77 eventos de inundação, sendo que em 19 eventos decretou-se Situação de Emergência, Estado de Emergência ou Estado de Calamidade Pública (TABELA VI).

TABELA VI - Registros dos eventos de inundação e decretos de Situação de Emergência, Estado de Emergência ou Estado de Calamidade Pública nos municípios de Taquara e Parobé entre o período de 1975 e 2020.

TABLE VI - *Records of flood events and decrees of Emergency Situation, State of Emergency or State of Public Calamity in the municipalities of Taquara and Parobé between the period of 1975 and 2020.*

Município	Número de eventos	Decretos
Taquara	55	12
Parobé	22	7
Valores absolutos	77	19

As áreas de inundações cobrem aproximadamente 9,27 km² nos municípios estudados e estendem-se em 28 setores censitários em Taquara e 16, em Parobé, de forma parcial ou integral. No município de Taquara as inundações ocorrem a oeste da área urbana, na planície de inundação do rio Paranhana e afluentes. Na área central, as inundações são decorrentes do arroio Taquara. No município de Parobé, localizam-se a leste da área urbana na planície de inundação do rio Paranhana e afluentes (fig. 5)

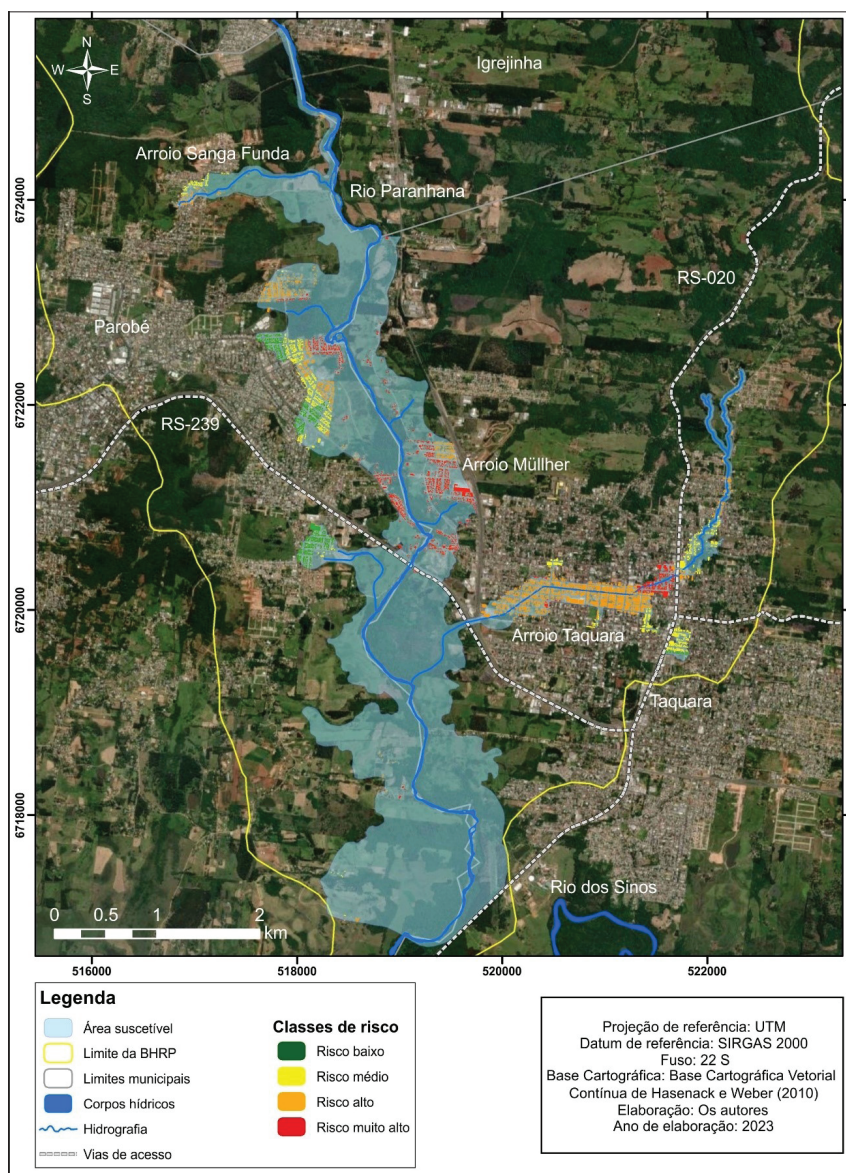


Fig. 5 - Mapa das áreas de risco às inundações em Taquara e Parobé.

Fig. 5 - Map of flood risk areas in Taquara and Parobé.

As áreas de risco baixo apresentam classes de perigo baixo com vulnerabilidade baixa e média ou áreas definidas como perigo médio com vulnerabilidade baixa. Essa

classe apresenta-se em 13 % das áreas de risco e situa-se nos locais mais afastados do rio Paranhana, tanto em Taquara como em Parobé, ou ainda em áreas em que o agente de perigo são os afluentes de menor hierarquia fluvial do rio Paranhana. Além disso, correspondem a áreas em que o intervalo de recorrência e a magnitude dos eventos de inundação são menores, assim como apresentam potencial baixo para a ocorrência de desastres deflagrados por transbordamentos fluviais.

As áreas de risco médio apresentam classes de perigo baixo com vulnerabilidade alta e muito alta ou as áreas com perigo médio e vulnerabilidade média e alta ou, ainda, áreas com perigo alto e vulnerabilidade baixa. Essa classe abrange 19 % das áreas de risco e localiza-se em segmentos mais afastados do rio Paranhana e em alguns pontos próximos ao arroio Taquara, bem como de afluentes de menor hierarquia fluvial do rio Paranhana. A vulnerabilidade é bastante heterogênea, sendo que, nos setores em que o agente de perigo é o rio Paranhana, são identificados graus mais elevados.

As áreas de risco alto apresentam classes de perigo médio e vulnerabilidade muito alta ou com perigo alto e vulnerabilidade média e alta ou, ainda, áreas com perigo muito alto com vulnerabilidade baixa e média. Essa classe de risco é a que ocorre em maior área, o que corresponde a 45 % das áreas de risco, localizando-se na área de estudo próximo aos arroios Taquara e Sanga Funda e ao rio Paranhana. O perigo ocorre em razão da proximidade e elevada recorrência de eventos do arroio Taquara, com o registro de 34 eventos na série histórica e eventos de grande magnitude do rio Paranhana, também com elevada recorrência de até 30 eventos em Taquara e 18 em Parobé. As áreas mais vulneráveis estão nas áreas próximas ao rio Paranhana.

As áreas de risco muito alto apresentam classes de perigo alto com vulnerabilidade muito alta ou de perigo muito alto com vulnerabilidade alta e muito alta. A classe de risco muito alto abrange 23 % das áreas de risco e se estabelece, especialmente, nas margens do rio Paranhana tanto em Taquara como em Parobé, onde há eventos de grande magnitude e recorrência de até 30 eventos na série histórica em Taquara e 18 em Parobé. Outro setor em que o risco é muito alto é em segmentos do arroio Taquara, na área central de Taquara, em que existe recorrência de até 34 eventos e, embora a magnitude dos eventos não seja tão severa, a recorrência elevada contribui para o risco ser de grau elevado. As características de vulnerabilidade distinguem-se nessa classe, observou-se que as características socioeconômicas e de acesso aos serviços

públicos tendem a declinar na medida em que os locais ocupados encontram-se mais próximos ao rio Paranhana, evidenciando a relação com a segregação socioespacial. Em segmentos de vulnerabilidade muito alta, foram identificadas edificações constituídas por materiais reciclados, sem adaptações contra as inundações, cujas condições de infraestrutura urbana são ausentes, especialmente nas margens do rio Paranhana.

Discussão por setores de risco de inundação

A discussão do risco foi feita dividindo em setores de montante e jusante do rio Paranhana nos municípios afetados e de seus afluentes. A definição de montante e jusante se dá a partir da desembocadura do rio Taquara no rio Paranhana.

No setor montante do rio Paranhana, em Taquara, o risco é alto e muito alto (fig. 6). Os condicionantes de perigo decorrem de processos de inundação do rio Paranhana e de afluentes que apresentam elevada frequência, com 30 eventos na série histórica e são de grande magnitude quando oriundos do rio Paranhana.

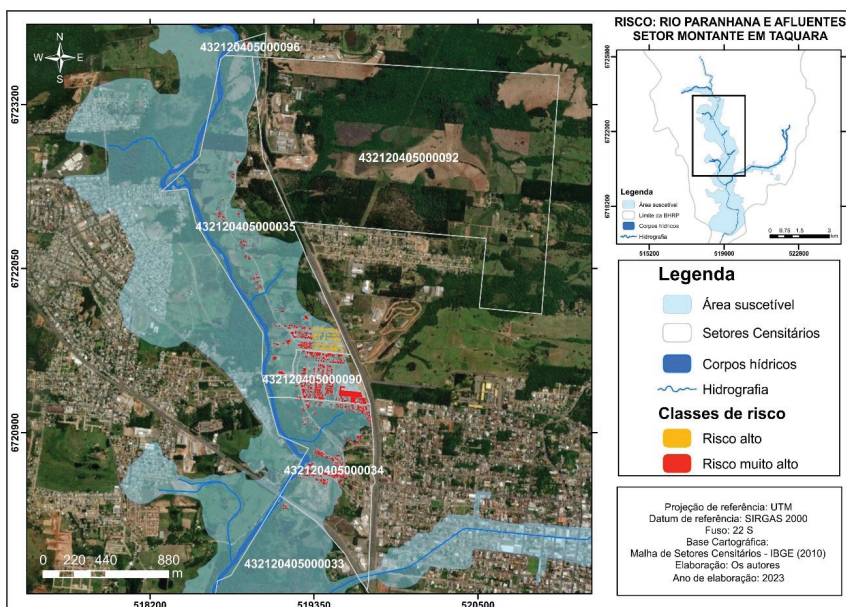


Fig. 6 - Risco no setor montante do rio Paranhana em Taquara.

Fig. 6 - Risk in the upstream sector of the Rio Paranhana in Taquara.

A vulnerabilidade em grande parte é alta e muito alta, com edificações constituídas, predominantemente, de madeira ou material misto, sem a presença de adaptações contra inundações, e as condições de infraestrutura urbana ausentes ou precárias, com grande parte das vias sem calçamento e sistema de drenagem pluvial. Em áreas pontuais, identificam-se edificações com adaptações contra inundações, constituídas em dois pavimentos, como também edificações constituídas de material reciclado, especialmente, em áreas de maior proximidade ao rio Paranhana. A maior parte da população possui renda mensal de até um salário-mínimo e os percentuais de crianças e idosos são mais elevados.

Na fot. 1, podem ser observadas imagens de eventos nesse setor na planície de inundação do rio Paranhana, em Taquara, tais como em outubro de 1996 (fot. 1A), abril de 2001 (fot. 1B), julho de 2007 (fot. 1C) e agosto de 2013 (fot. 1D). Nos eventos de julho de 2007 e agosto de 2013, foram decretadas Situação de Emergência e, neste último, houve a interdição da ponte que dá acesso ao município de Parobé.



Fot. 1 - Eventos de inundação que ocorreram na planície de inundação do rio Paranhana no município de Taquara em outubro de 1996 (A), abril de 2001 (B), julho de 2007 (C) e agosto de 2013 (D) (Fonte: Adaptado do Jornal Panorama, 1996, 2001, 2007 e 2013).

Photo - Flood events that occurred in the Rio Paranhana floodplain in the municipality of Taquara in October 1996 (A), April 2001 (B), July 2007 (C) and August 2013 (D) (Source: Adapted from Jornal Panorama, 1996, 2001, 2007 e 2013).

No setor montante, na planície de inundação do rio Paranhana, em Parobé, as situações de risco variam entre os graus baixo a muito alto de acordo com a localização da área (fig. 7). Predominam condições de risco médio pela menor vulnerabilidade das habitações. Condições de muito alto risco ocorrem muito próximas ao rio Paranhana, recorrência de até 18 eventos na série histórica. Além do Perigo elevado a vulnerabilidade da população é alta, nas áreas mais próximas do rio.

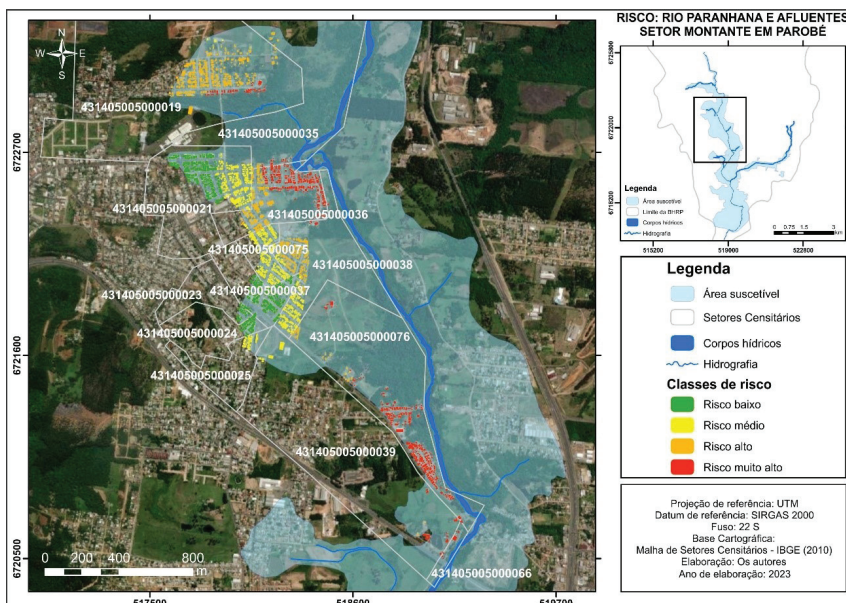
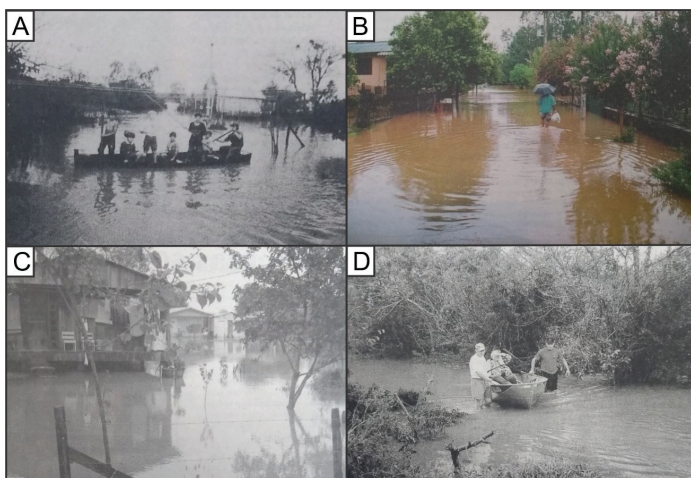


Fig. 7 - Risco no setor montante do rio Paranhana em Parobé.

Fig. 7 - Risk in the upstream sector of the Rio Paranhana in Parobé.

Na fot. 2, destacam-se diversos eventos de inundação na planície de inundação do rio Paranhana, em Parobé. Podem ser visualizados eventos que ocorreram em julho de 1993 (fot. 2A), fevereiro de 2003 (fot. 2B), julho de 2007 (fot. 2C) e abril de 2011 (fot. 2D). No evento que ocorreu em julho de 1993, foi decretado Estado de Calamidade Pública e, no evento de abril de 2011, Situação de Emergência.

No setor jusante, na planície de inundação do rio Paranhana, em Taquara e Parobé, ocorrem poucas edificações, mas condições de alto e muito alto risco são predominantes. A área representa uma porção com ampla planície de inundação do rio Paranhana, próximo a foz no rio dos Sinos (fig. 8).



Fot. 2 - Eventos de inundação que ocorreram na planície de inundação do rio Paranhana no município de Parobé em julho de 1993 (A), fevereiro de 2003 (B), julho de 2007 (C) e abril de 2011 (D) (Fonte: Adaptado do Jornal Panorama, 1993, 2003, 2007, 2011).

Photo 2 - Flood events that occurred in the Rio Paranhana floodplain in the municipality of Parobé in July 1993 (A), February 2003 (B), July 2007 (C) and April 2011 (D) (Source: Adapted from Jornal Panorama, 1993, 2003, 2007, 2011).

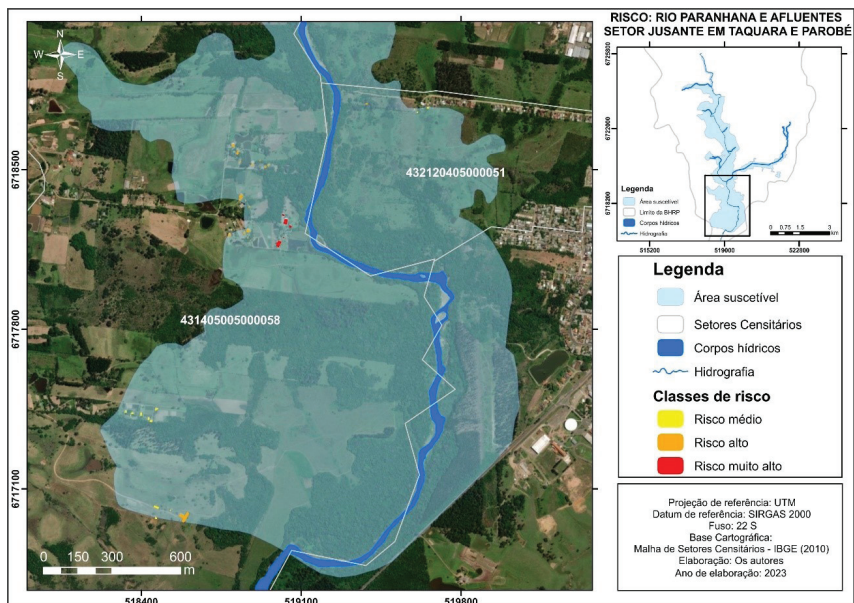


Fig. 8 - Risco no setor jusante do rio Paranhana em Taquara e Parobé.

Fig. 8 - Risk in the downstream sector of the Rio Paranhana in Taquara and Parobé.

No setor de alto curso do arroio Taquara observa-se que as situações de risco variam de baixo a alto (fig. 9) de acordo com a proximidade das edificações em relação ao arroio Taquara. Nesse setor foram identificados 13 eventos na série histórica. As situações de risco médio são predominantes e se devem, principalmente, a vulnerabilidade baixa da população afetada.

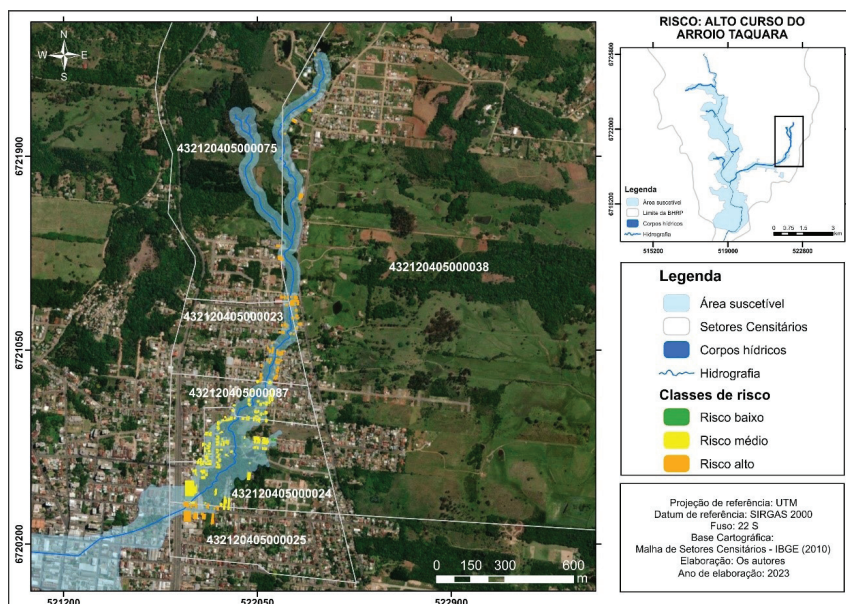
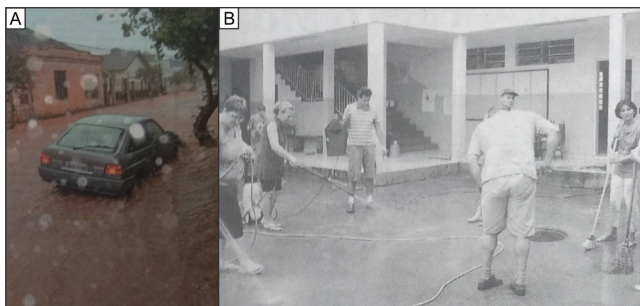


Fig. 9 - Risco no alto curso do arroio Taquara, setor nordeste de Taquara.

Fig. 9 - Risk on the upper course of the Arroio Taquara, northeast sector of Taquara.

Na fot. 3A, é possível observar a rua Tristão Monteiro durante um evento de inundação em dezembro de 2003 e na fot. 3B a limpeza da Escola Municipal de Ensino Fundamental Rosa Elsa Mertins, após evento de inundação que ocorreu em abril de 2010. As duas localidades, situam-se próximas ao Arroio Taquara, em áreas de recorrentes inundações.

No setor médio curso do arroio Taquara, as situações de risco variam de baixo a muito alto, mas predominam situações identificadas como de grau alto e muito alto risco (fig. 10). O inventário registrou 34 eventos na série histórica. O curso d'água apresenta intervenções estruturais como retificações e canalizações e a área foi amplamente ocupada



Fot. 3 - Rua Tristão Monteiro durante evento de inundação em dezembro de 2003 (A) e limpeza da Escola Municipal de Ensino Fundamental Rosa Elsa Mertins após evento de inundação em abril de 2010 (B) (Fonte: Adaptado do Jornal Panorama, 2003, 2010).

***Photo 3** - Tristão Monteiro street during a flood event in December 2003 (A) and cleaning of the Escola Municipal de Ensino Fundamental Rosa Elsa Mertins after a flood event in April 2010 (B) (Source: Adapted from Jornal Panorama, 2003, 2010).*

no decorrer do processo de produção do espaço. A mata ciliar foi, em grande parte, removida, o sistema pluvial é ineficiente e vários segmentos encontram-se assoreados. Essas condições contribuem para a elevada recorrência de eventos de inundação e alagamentos e, consequentemente, para situações de perigo com graus elevados.

Na fot. 4A, pode ser observado o maior evento de inundação da área central de Taquara em fevereiro de 1978, sendo que, naquela ocasião, houve o registro de uma morte, grande parte da área central do município foi afetada pelos eventos de inundação e foi decretado Estado de Calamidade Pública. Ademais, de maneira sequencial, podem ser observadas situações em outubro de 1990 (fot. 4B) em que foi decretada Situação de Emergência, novembro de 2009 (fot. 4C) em que também houve o decreto de Situação de Emergência, abril de 2010 (fot. 4D), março de 2012 (fot. 4E) e março de 2019 (fot. 4F).

Na fot. 14E, observa-se um segmento da rua Lothar de La Rue, local em que o grau de risco é muito alto. Os eventos de inundação nesse setor de risco são muito frequentes e que ocasionam danos recorrentes à comunidade e seus ativos. Em determinados locais, são empregadas medidas como uso de estruturas móveis nas portas dos estabelecimentos comerciais durante a ocorrência de eventos, assim como o extenso histórico de medidas estruturais no arroio Taquara. Todavia, os eventos de inundação ainda são retratos recorrentes na área central de Taquara.

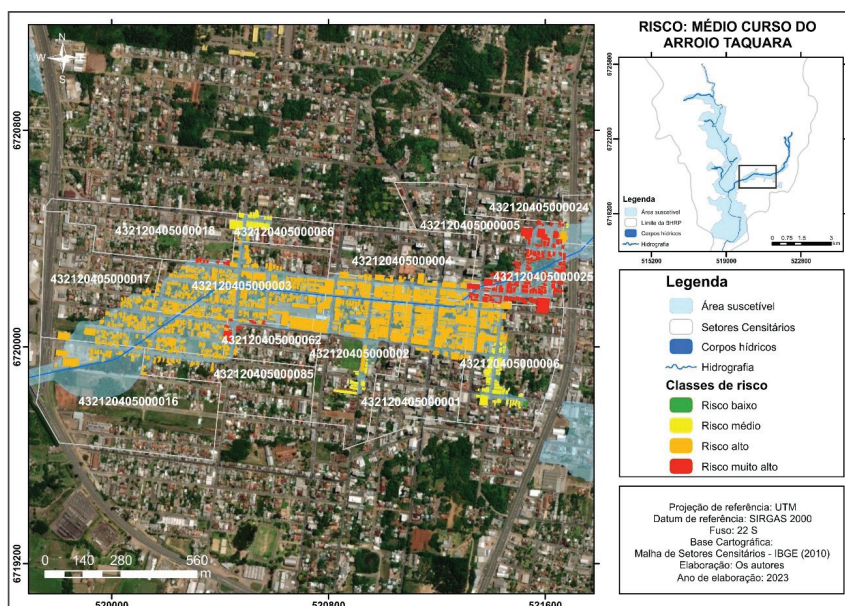
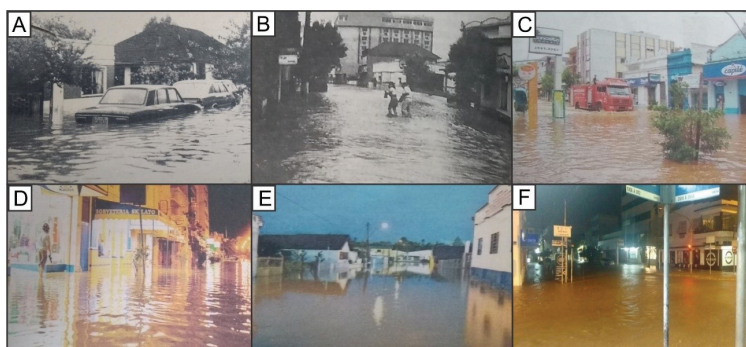


Fig. 10 - Risco no médio curso do arroio Taquara, centro de Taquara.
Fig. 10 - Risk in the middle course of the Arroio Taquara, downtown Taquara.



Fot. 4 - Eventos de inundação que ocorreram no médio curso do arroio Taquara, centro de Taquara em fevereiro de 1978 (A), em outubro de 1990 (B), novembro de 2009 (C), abril de 2010 (D), março de 2012 (E) e março de 2019 (F) (Fonte: Fotografias A, B, C, D e E, respectivamente, dos anos de 1978, 1990, 2009, 2010, 2012 provenientes do Jornal Panorama; fotografia F proveniente de Repercussão Paranhana, 2019).

Photo 4 - Flood events that occurred in the middle course of the Arroio Taquara, downtown Taquara in February 1978 (A), October 1990 (B), November 2009 (C), April 2010 (D), March 2012 (E), and March 2019 (F) (Source: Photographs A, B, C, D and E adapted from Jornal Panorama, 1978, 1990, 2009, 2010, 2012; photograph F adapted from Repercussão Paranhana, 2019).

No setor de afluentes no médio curso do arroio Taquara, as situações de risco são baixa e média (fig. 11). As áreas registram alagamentos em razão do sistema de drenagem pluvial ser ineficiente. Nas fot. 5 A e B, podem ser observadas as ruas Rua João Bayer e Pinheiro Machado na área central de Taquara durante eventos de inundação que ocorreram em fevereiro e outubro de 2002, respectivamente.

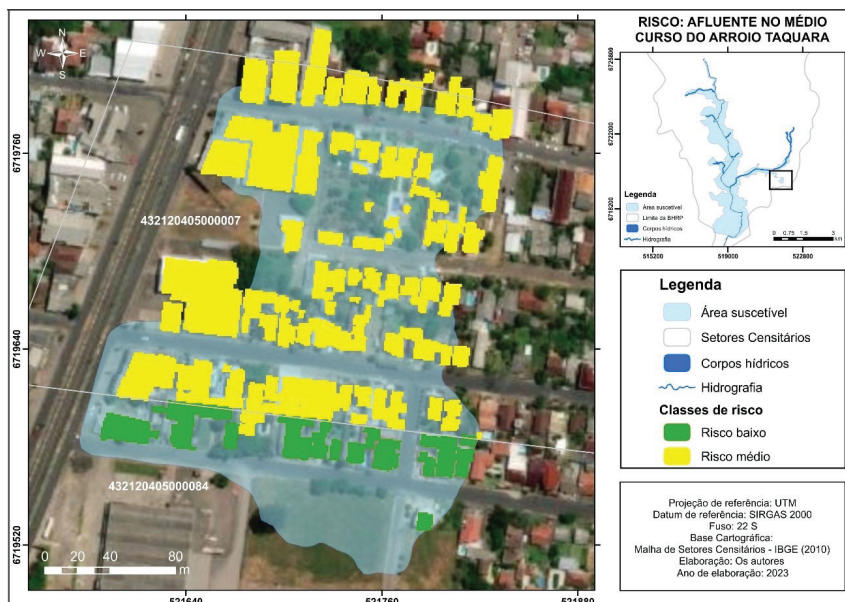


Fig. 11 - Risco em área de afluente do arroio Taquara no médio curso, área central de Taquara.

Fig. 11 - Risk in an affluent area of the Arroio Taquara in the middle course, central area of Taquara

No setor montante no município de Parobé, localiza-se a planície de inundação do arroio Sanga Funda e do rio Paranhana, onde as situações de risco são de graus médio e alto (fig. 12). As áreas apresentam perigo médio ou alto, de acordo com a distância das ocupações em relação aos cursos d'água e a vulnerabilidade também varia entre os graus médio e alto.

Na fot. 6 A e B, podem ser observados um segmento do arroio Sanga Funda e as áreas ocupadas próximas ao curso d'água, definidas como de alto grau de risco.



Fot. 5 - Rua João Bayer durante evento de inundação em fevereiro de 2002 (A) e Rua Pinheiro Machado durante evento de inundação ocorrido em outubro de 2002 (B) (Fonte: Adaptado do Jornal Panorama, 2002).

Photo 5 - Street João Bayer during a flood event in February 2002 (A) and Street Pinheiro Machado during a flood event in October 2002 (B) (Source: Adapted from Jornal Panorama, 2002).

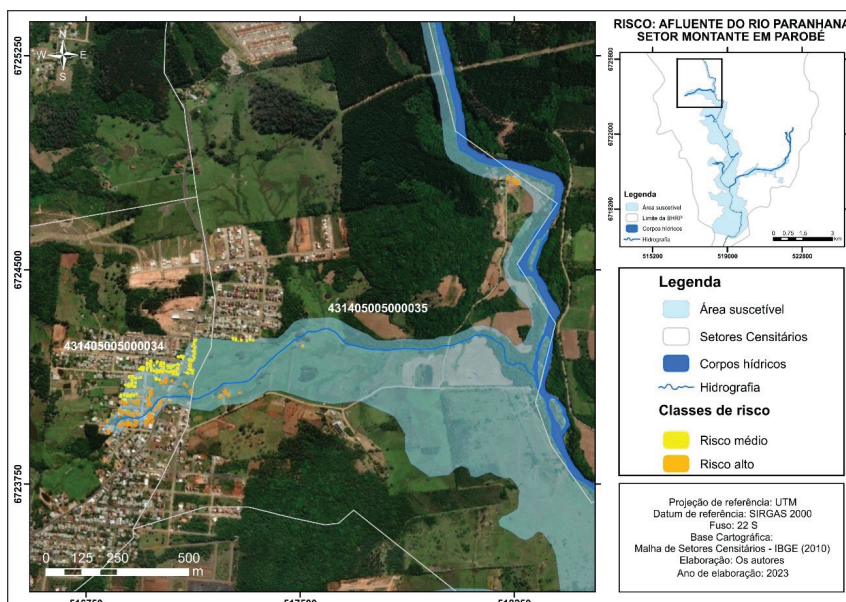
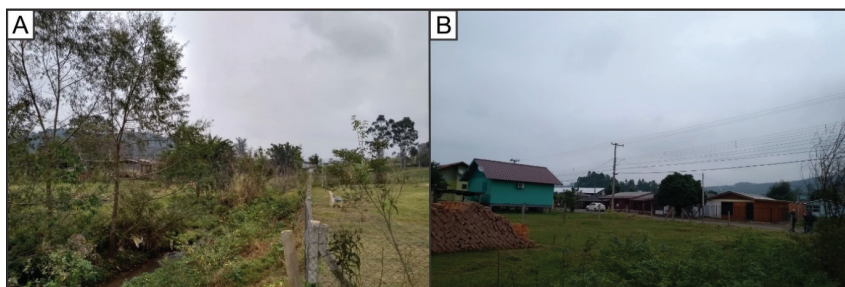


Fig. 12 - Risco na planície de inundação de afluente do rio Paranhana no setor montante em Parobé.

Fig. 12 - Risk in the floodplain of the tributary of the Rio Paranhana in the upstream sector in Parobé.

No setor jusante no município de Parobé, localiza-se a planície de inundação de um arroio (pequeno curso fluvial) local, onde o risco se apresenta nos graus baixo



Fot. 6 - Área de risco muito alto em segmento do arroio Santa Funda (A) e áreas ocupadas (B) em setor de alto grau de risco em Parobé (Fonte: Trabalho de campo, julho de 2019).

Photo 6 - High risk area in a segment of the Arroio Sanga Funda (A) and occupied areas (B) in a sector with a high risk in Parobé (Source: Fieldwork, July 2019).

e médio (fig. 13). Predominam situações de baixo risco pois os eventos registrados são de pequena magnitude e a vulnerabilidade da população é predominantemente de grau médio e baixo.

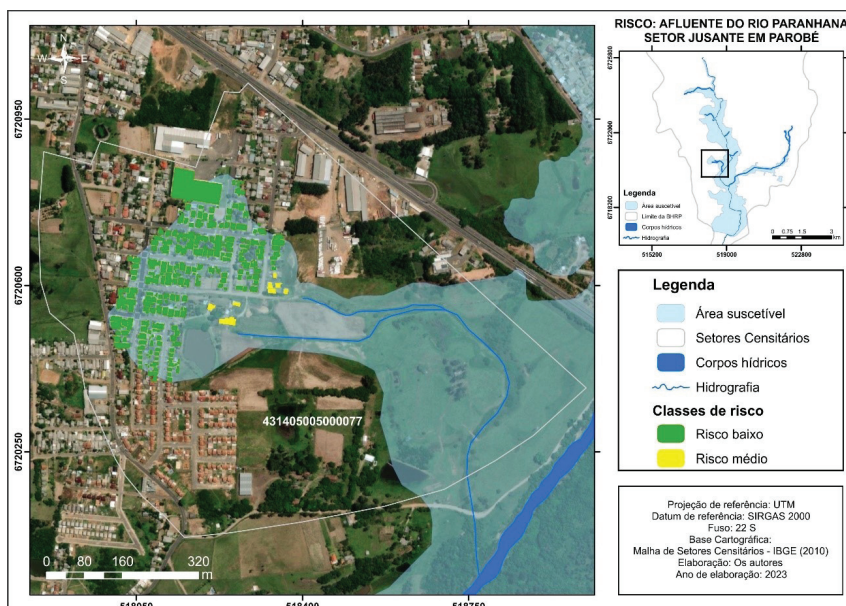


Fig. 13 - Risco na planície de inundação de afluente do rio Paranhana no setor jusante em Parobé.

Fig. 13 - Risk in the floodplain of the tributary of the Rio Paranhana in the downstream sector in Parobé.

Conclusão

A análise das áreas de risco de inundação integra os componentes de perigo e vulnerabilidade. Desse modo, a proposta metodológica apresentada foi adequada e originou novos resultados em relação aos estudos anteriores desenvolvidos na área de estudo pela CPRM (2013), METROPLAN (2018) e Tucci (2019). Embora as pesquisas identificassem e denominassem setores ou zoneamentos de risco, conceitualmente, entende-se que não avaliaram a vulnerabilidade, o perigo e, conseqüentemente, o risco, mas as áreas suscetíveis às inundações. Isso se justificou conforme o entendimento conceitual apresentado por Tominaga (2015), Jamrussri e Toda (2018), Menezes (2018), Afifi *et al.* (2019), Abdrabo *et al.* (2020), entre outros.

Em Taquara e Parobé, as áreas de risco de inundação foram (re)produzidas no espaço em função de múltiplos fatores. O processo de ocupação de áreas suscetíveis às inundações foi um marco inicial para a gênese do risco. A partir disso, formaram-se as situações de perigo à medida que as inundações passaram a ocasionar situações de perigo aos sujeitos e seus ativos expostos.

A produção do espaço ocorreu de maneira desordenada e sem planejamento adequado. Dessa forma, fatores como os fluxos migratórios concomitantes ao processo de industrialização e crescimento populacional somaram-se à insolvência administrativa e especulação imobiliária. O resultado desse contexto foi a produção das áreas de risco de inundação apresentadas na pesquisa.

Na planície de inundação do rio Paranhana, a segregação residencial materializa a desigualdade socioeconômica no espaço e agrava as situações de risco. Nessas áreas, são instaladas novas ocupações em áreas conhecidamente suscetíveis às inundações por uma população com elevada vulnerabilidade. A partir disso, as áreas de risco são produzidas e reproduzidas de maneira contínua.

As complexidades das áreas de risco necessitam de abordagens multidisciplinares para que o gerenciamento de desastres seja efetivo. Desse modo, ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação devem ser estruturadas com a participação de diferentes setores da administração pública e da sociedade. Por fim, inseridos nessa perspectiva, os resultados desta pesquisa poderão contribuir para o gerenciamento de risco em Taquara e Parobé. Com base nisso, poderão ser utilizados

como referência para a elaboração e atualização dos planos de contingência, na identificação e atualização das áreas de risco de inundação e para o desenvolvimento de planos de ação junto às comunidades.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal de Santa Maria, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul.

Referências Bibliográficas

- Abdrabo, K. I., Kantoush, S. A., Saber, M., Sumi, T., Habiba, O. M., ELleithy, D., Elboshy, B. (2020). Integrated Methodology for Urban Flood Risk Mapping at the Microscale in Ungauged Regions: A Case Study of Hurghada, Egypt. *Remote Sens*, v. 12, 3548, 1-22.
- Afifi, Z., Chu, H.-J., Kuo, Y.-L., Hsu, Y.-C., Wong, H.-K., Zeeshan Ali, M. (2019). Residential Flood Loss Assessment and Risk Mapping from High-Resolution Simulation. *Water*, v. 11, 751, 1-15.
- Aksha, S. K., Resler, L. M., Juran, L., CArstensen JR., L. W. (2020). A geospatial analysis of multi-hazard risk in Dharan, Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 11, n. 1, 88-111.
- Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., Park, H.-J., Lee, J. H. (2014). A novel ensemble bivariate statistical evidential belief function with knowledge-based analytical hierarchy process and multivariate statistical logistic regression for landslide susceptibility mapping. *Catena*, v. 114, 21-36.
- Amaral, R., Ribeiro, R. R. (2015). Inundações e enchentes. In: Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. (Orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 39-52.
- Bharwani, S., Magnuszewski, P., Sendzimir, J., Stein, C., Downing, T. E. (2008). *Vulnerability, adaptation and resilience: Progress toward incorporating VAR concepts into adaptive water resource management*. Stockholm Environment Institute, Oxford Centre.
- BRASIL (2007). Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. Carvalho, C. S., Macedo, E. S., Ogura, A. T. (Org.). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.
- Brito, M. M. (2018). *A participatory multi-criteria approach for flood vulnerability assessment*. Tese (Doutorado) – Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Bonn, Alemanha, p. 186.
- Brito, M. M., EverS, M. (2016). Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. *Natural Hazard and Earth System Sciences*. v.16, 1019-1033.
- Brito, M. M., Evers, M., Höllermann, B. (2017). Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study in Taquari-Antas basin, Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 24, 119-128.

- Buzai, G. D. (2014). *Mapas Sociais urbanos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Castro, A. L. C. (1998). *Glossário de Defesa Civil*: Estudos de riscos e medicina de desastres. 2. ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais, Departamento de Defesa Civil.
- Castro, S. D. A. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. Scripta Nova: *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, n. 60.
- Cutter, S. L. (2003). The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 93, 1-12.
- Fernandez, P., Mourato, S., Moreira, M. (2016). Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 7, n. 4, p. 1367-1389.
- Ferreira, M. C. (2014). *Iniciação à análise geoespacial*: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp.
- Fitz, P. R. (2008). *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL (METROPLAN) (2018). Estudo de alternativas e projetos para minimização do efeito das cheias na bacia do rio dos Sinos. In: Carvalho Filho, O., Bezerra, L., Lou, W. C. (Responsáveis Técnicos). *PRODUTO 18 - RELATÓRIO FINAL*. Consórcio METROPLAN Bacia Rio dos Sinos, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Freitas, R. B. (2017). *Estudo e cadastro de áreas de risco de inundação na área urbana do município de Restinga Sêca – RS (Disertação de Mestrado)*. Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências (PPGGEO). Santa Maria, RS, 133 p.
- Goerl, R. F., Kobiyama, M., Pellerin, J. R. G. M. (2012). Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC. *Boletim de Geografia, Maringá*, v. 30, n. 1, 81-100.
- Holt, J. B., Lo, C. P., Hodler, T. W. (2004). Dasymetric Estimation of Population Density and Areal Interpolation of Census Data. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 31, n. 2, 103-121.
- Hoque, M. A. -A., Phinn, S., Roelfsema, C., Childs, I. (2018). Assessing tropical cyclone risks using geospatial techniques. *Applied Geography*, v. 98, 22-33.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2010). *Base Cartográfica dos Setores Censitários*. Escala 1: 50.000. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais/censo_2010. Acesso em 09 ago. 2018.
- Jamrussri, S., Toda, Y. (2018). Available Flood Evacuation Time for High-Risk Areas in the Middle Reach of Chao Phraya River Basin. *Water*, v. 10, 1871, 1-23.
- JORNAL PANORAMA (1978). *Volume*: 1978. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (1990). *Volume*: 1990. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (1993). *Volume*: 1993. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (1996). *Volume*: 1996. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2001). *Volume*: 2001. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2002). *Volume*: 2002. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2003). *Volume*: 2003. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2007). *Volume*: 2007. Taquara, RS.

- JORNAL PANORAMA (2009). *Volume*: 2009. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2010). *Volume*: 2010. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2011). *Volume*: 2011. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2012). *Volume*: 2012. Taquara, RS.
- JORNAL PANORAMA (2013). *Volume*: 2013. Taquara, RS.
- Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H., LI, F. (2017). Characterizing flood hazard risk in datascarc areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Natural Hazards*, v. 89, n. 3, 1369-1387.
- Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. *Science of The Total Environment*, v. 538, 555-563.
- Kienberger, S., Lang, S., Zeil, P. (2009). Spatial vulnerability units - expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 9, 767-778.
- Knierin, I. S., Robaina, L. E. S., Trentin, R. (2019). Estudo da vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira - Faxinal do Soturno - RS. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 20, n. 69, 207-222.
- Komi, K., Amisigo, B. A., Diekkrüger, B. (2016). Integrated Flood Risk Assessment of Rural Communities in the Oti River Basin, West Africa. *Hydrology*, v. 3, 42, 1-14.
- Kormann, T. C., Schirmer, G. J., Freitas, R. B. (2013). Contribuição ao estudo das inundações na área urbana de Alegrete, RS. In: Robaina, L. E. S., Trentin, R. (Orgs.). *Desastres naturais no Rio Grande do Sul*. Santa Maria: Editora da UFSM, 225-251.
- Luu, C., Meding, J. (2018). A Flood Risk Assessment of Quang Nam, Vietnam Using Spatial Multicriteria Decision Analysis. *Water*, v. 10, 461, 1-16.
- Marandola JR., E., Hogan, D. J. (2004). Natural hazards: o estudo geográfico de riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, v. VII, n. 2, 95-109.
- Menezes, D. J. (2018). *Proposta metodológica para análise espaço-temporal de inundações: aplicação na área urbana de Alegrete – RS (Tese de Doutorado)*. Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências (PPGGEO). Santa Maria, RS, 267 p.
- Moraes, D. A. (2008). *Apontamentos sobre reforma urbana e produção social do habitat*. União Nacional por Moradia Popular - UNMP. URL: https://unmp.org.br/?__habitat__%2811_06_2008 Acesso em: 20 de fev. 2019.
- Pimenta, L. B., Beltrão, N. E. S., Gemaque, A. M. S., Tavares, P. A. (2019). Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. *INTERAÇÕES*, Campo Grande, MS, v. 20, n. 2, 407-420.
- Ramos, P. A. S. (2017). *Proposta metodológica para mapeamento de vulnerabilidade à inundação (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, RS, 130 p.
- Ramos, P. A. S., Oliveira, G. G., Brito, M. M., Silva Filho, L. C. P. (2018). Proposta Metodológica para o Mapeamento da Vulnerabilidade a Inundações. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 41, n. 3, 281-291.
- REPERCUSSÃO PARANHANA (2019). *Alagamentos voltam e gerar transtornos em Parobé e Taquara*. Taquara, RS. Disponível em: <https://repercussaoparanhana.com/geral/alagamentos-voltam-e-gerar-transtornosem-parobe-e-taquara>. Acesso em: 10 jan. 2021.

- Robaina, L. E. S. (2013). Áreas de risco por processos de dinâmica geomorfológica: introdução ao tema. In: Guasselli, L. A., Oliveira, G. G., Alves, R. C. M. (Orgs.). *Eventos extremos no Rio Grande do Sul: inundações e movimentos de massa*. Porto Alegre: Evangraf, 11-24.
- Saaty, T. L. (1991). *Método de análise hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill Publisher.
- Sar, N., Chatterjee, S., ADhikari, M. (2015). Integrated remote sensing and GIS based spatial modelling through analytical hierarchy process (AHP) for water logging hazard, vulnerability and risk assessment in Keleghai river basin, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, n. 31, 1-21.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM (2013). *Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa*: Parobé - RS. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Departamento de Gestão Territorial - DEGET, p. 1-7.
- Souza, L. B., Santos, C. B. (2006). O crescimento urbano e a ocupação de áreas sob riscos de escorregamentos na região noroeste da área urbana de Juiz de Fora - MG. *Boletim de Geografia*, v. 24, n. 1, 121-128.
- Souza, M. A. A. (2009). Pensando a política nacional de habitação para adversidade das famílias e dos municípios brasileiros. In: Bitoun, J., Miranda, L. (Orgs.). *Desenvolvimento e cidades no Brasil*: Contribuições para o debate sobre as políticas territoriais. Recife: FASE, Observatório das Metrópoles, 117-150.
- Tate, E. (2013). Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 103, 526-543.
- Tominaga, L. K. (2015). Análise e mapeamento de risco In: Tominaga, L. K., Santoro, J., Amaral, R. (Orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 147-160.
- Tucci, C. E. M. (Responsável Técnico). (2019). *Plano estratégico de manejo de águas pluviais e prevenção de inundações urbanas de Taquara - RS*: Relatório final – Relatório técnico final. RHAMA Consultoria Ambiental Ltda.: Porto Alegre/RS, Relatório técnico nº 7 - relatório final, 1-276.
- UNISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Disponível em: www.unisdr.org, acesso em 20 fev. 2019.
- Veyret, Y., Richemond, N. M. (2015a). Definições e vulnerabilidades do risco. In: Veyret, Y. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. 2. ed. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 25-46.
- Veyret, Y., Richemond, N. M. (2015b). O risco, os riscos. In: Veyret, Y. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. 2. ed. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, p. 23-24.
- Vojinović, Z., Golub, D., Weesakul, S., KEerakamolchai, W., HIRunsalee, S. (2014). Merging Quantitative And Qualitative Analyses For Flood Risk Assessment At Heritage Sites, The Case Of Ayutthaya, Thailand. *International Conference on Hydroinformatics*, New York City, USA.
- Voogd, H. (1983). *Multicriteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion Ltd.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2003). *At Risk - Natural Hazards, Peoples's Vulnerability and Disasters*. London, Routledge.
- Zanella, M. E., Olímpio, J. L. S. (2014). Impactos pluviais, risco e vulnerabilidades em Fortaleza - CE. In: Mendonça, F. *Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados*. Jundiaí: Paco Editorial, 115-136.
- Zuquette, L. V. (2018). *Riscos, desastres e eventos naturais perigosos: aspectos conceituais na análise e estimativa de riscos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

CONCLUSÃO

Bruno Martins

Universidade de Coimbra, CEGOT e RISCOS (Portugal)
Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e Turismo
ORCID: 0000-0001-8681-2349 bmscmartins@gmail.com

Ao encerrarmos mais um volume da coleção "Estudos Cindínicos" dedicado à água e aos riscos que lhe estão associados, importa destacar a relevância desta obra, não apenas enquanto síntese científica e recurso didático para o ensino universitário, mas também como instrumento de sensibilização da sociedade para a problemática.

Como ficou demonstrado nos diversos capítulos que compõem este volume, a ocorrência de fenómenos naturais de elevada intensidade impõe sérios constrangimentos ao normal funcionamento das atividades humanas, conduzindo, em muitos casos, à destruição de infraestruturas, a perdas económicas significativas e, tragicamente, à perda de vidas humanas. A frequência e recorrência com que estes fenómenos têm ocorrido, sobretudo nas últimas décadas, tornam-nos facilmente identificáveis e incontornáveis no contexto global atual.

Entre os muitos exemplos que poderiam ser inumerados, destacam-se as cheias na província de Punjab, no Paquistão, em agosto de 2025, que provocaram mais de 300 mortes, inundaram milhares de aldeias e afetaram milhões de pessoas, com impactos devastadores na agricultura. Em Mokwa, na Nigéria, as inundações foram ainda mais letais, com mais de 500 mortos, centenas de desaparecidos e milhares de habitações destruídas. Também na Austrália, as cheias que afetaram Queensland entre janeiro e abril de 2025 causaram pelo menos 33 vítimas mortais e prejuízos superiores a 1,2 mil milhões de dólares. Por outro lado, a seca que atualmente assola as regiões oriental e meridional de África afeta cerca de 90 milhões de pessoas, provocando insegurança alimentar aguda e gerando impactos significativos na saúde pública e na economia.

Estes e muitos outros exemplos apresentados ao longo da obra reforçam a atualidade e urgência do tema, justificando o seu estudo aprofundado e a sua

ampla divulgação. Este volume pretende, assim, ser um contributo relevante não só para a comunidade científica e académica, mas também para o público em geral, que aqui encontrará informação essencial para a sua própria proteção e para a resiliência das suas comunidades.

SÉRIE ESTUDOS CINDÍNICOS

Títulos Publicados:

- 1 *Incêndios em Estruturas. Aprender com o Passado;*
- 2 *Educação para a Redução dos Riscos;*
- 3 *Metodologia de Análise de Riscos através de Estudos de Casos;*
- 4 *Riscos Hidrometeorológicos;*
- 5 *Pluralidade na Diversidade de Riscos;*
- 6 *Risco Sísmico - Aprender com o Passado;*
- 7 *Territórios em Risco;*
- 8 *Resiliência ao Risco;*
- 9 *Madeira Região Resiliente. Aprender com o Passado;*
- 10 *Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado;*
- 11 *Análise e Modelação de Risco no Ordenamento do Território;*
- 12 *Perceção e Planeamento na Redução e Gestão do Risco de Catástrofes;*
- 13 *As Paisagens dos Riscos Sociais. Educar para diminuir a Vulnerabilidade;*
- 14 *Educação para o Risco: Práticas e Projetos;*
- 15 *Riscos, Proteção Civil e Cultura de Segurança: Discursos e Práticas no Portugal Democrático;*
- 16 *Risco de Movimentos em Vertentes. Aprender com o Passado,*
- 17 *Riscos e Saúde: Perspectivas Globais e Respostas Locais;*
- 18 *Riscos, Ambiente e Proteção Civil: uma Perspetiva Tecnológica;*
- 19 *Riscos, Água e Sociedade. Dinâmicas Socioambientais em Contextos de Incerteza.*

Tomos em preparação:

- 20 *Geografia dos Incêndios Florestais. 50 anos de Incêndios a queimar Portugal;*
- 21 *Efeitos dos Incêndios Florestais nos Solos de Portugal;*
- 22 *Floresta, Incêndios e Educação;*
- 23 *Redução do Risco e Educação.*



Adélia Nunes é Professora Catedrática de Geografia Física na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde desenvolve atividades de docência e investigação. Ingressou na carreira docente universitária em 1999, tendo concluído o Mestrado em Geografia Física em 2001 e o Doutoramento em Geografia em 2007.

As suas principais áreas de investigação centram-se na análise da dinâmica da paisagem, na avaliação de riscos naturais e mistos e na gestão de recursos naturais. É autora de várias dezenas de publicações, entre as quais se incluem capítulos de livros e artigos em revistas científicas de referência.



António Vieira é licenciado em Geografia e Mestre em Geografia Física pela Universidade de Coimbra e Doutor em Geografia, também pela Universidade de Coimbra. Professor Associado no Departamento de Geografia da Universidade do Minho, e diretor da Licenciatura de Proteção Civil e Gestão do Território.

Principais tópicos de investigação: os riscos naturais, processos erosivos na sequência de incêndios florestais e medidas de mitigação, geomorfologia e património geomorfológico, e alterações do uso do solo.



Bruno Martins é Licenciado em Geografia, com especialização em Gestão dos Riscos Naturais, pela Faculdade de Letras da Universidade do Porto, e Doutorado em Letras, especialidade Geografia (Geografia Física), pela Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Docente convidado em várias Universidades (Porto, Coimbra e Lusófona do Porto) e Institutos. É investigador do NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, da Universidade de Coimbra, do CEGOT - Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (Universidades de Coimbra e Porto).



João Luís Fernandes é Licenciado em Geografia, concluída em 1990, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde também defendeu, em 1996, a tese de Mestrado. É Doutor em Geografia com a tese “Território, desenvolvimento e áreas protegidas – a Rede Nacional de Áreas Protegidas e o caso do Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros”, pela Universidade de Coimbra. É Professor Auxiliar do Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.

Tem desenvolvido trabalho nas áreas da Geografia Cultural e da Geografia Política



Fátima Velez de Castro é licenciada em Geografia (Especialização em Ensino), Mestre em Estudos sobre a Europa, Doutora em Geografia e Pós-Doutorada em Literatura.

Trabalha como Professora Auxiliar no Departamento de Geografia e Turismo da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, onde é membro da Comissão Científica.

Os seus principais temas de investigação são na área do Ensino de Geografia (formação inicial docente); Geografia e Riscos Sociais; Geografia das Migrações.



RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

