



PROCESSOS DE RISCO EM COMUNIDADES URBANAS NA BACIA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA, RS

*Risk Processes in Urban Communities in the Arroio Cadena Basin,
Santa Maria, RS*

*Processos de Risco em Comunidades Urbanas de la Cuenca del Arroio
Cadena, Santa Maria, RS*

Trentin, R.

Romario Trentin ¹, Luís Eduardo de Souza Robaina ², Andrea Valli Nummer ³ e Rinaldo José Barbosa Pinheiro ⁴

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, Brasil.
romario.trentin@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0615-2801>

² Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, Brasil.
lesrobaina@yahoo.com.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-6417>

³ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências, Santa Maria, Brasil.
a.nummer@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9271-442X>

⁴ Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Estruturas e construção civil, Santa Maria, Brasil. rinaldo@ufsm.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1444-9493>

Recebido: 08/11/2024; Aceito: 07/05/2025; Publicado: 05/09/2025

RESUMO

Os eventos hidrológicos e as erosões de margem estão entre os processos que podem ocasionar situações de risco e, por conseguinte, um desastre. A área de estudo está localizada no município de Santa Maria, em comunidades urbanas denominadas Vila Lúdia, Vila Arco-Íris, Vila Chaminé e Vila Babilônia, dos bairros Noal e Passo da Areia. Essas comunidades são, socialmente, as mais carentes desses bairros e desenvolvem-se na bacia hidrográfica do Arroio Cadena. Por meio de uma abordagem integrativa, participativa e com apoio de geotecnologias, foram analisadas e avaliadas as ocorrências de processos de inundação e erosão de margem. Os graus de risco foram definidos pela análise do perigo da ocorrência do evento e da avaliação de vulnerabilidade da população afetada. O zoneamento desenvolvido indicou Risco Alto para 36 moradias e o Risco Muito Alto para 41 moradias.

Palavras-Chave: Inundação, áreas de risco; vulnerabilidade, perigo.

ABSTRACT

Hydrological events and riverbank erosion are among the processes that can lead to risk situations and, consequently, a disaster. The study area is located in the municipality of Santa Maria, in urban communities called Vila Lúdia, Vila Arco-Íris, Vila Chaminé and Vila Babilônia, in the Noal and Passo da Areia neighborhoods. These communities are the most deprived in these neighborhoods and develop in the Cadena Stream basin. Through an integrative, participatory and technological approach, the occurrences of flooding and riverbank erosion processes were analyzed and evaluated. The risk levels were defined by analyzing the hazard of the event occurring and assessing the vulnerability of the affected population. The zoning developed indicated High Risk for 36 homes and Very High Risk for 41 homes.

Keywords: Flood, risk areas; vulnerability, hazard

RESUMEN

Los eventos hidrológicos y la erosión de riberas se encuentran entre los procesos que pueden provocar situaciones de riesgo y, por tanto, un desastre. El área de estudio está ubicada en el municipio de Santa Maria, en las comunidades urbanas denominadas Vila Lúdia, Vila Arco-Íris, Vila Chaminé y Vila Babilônia, en los barrios Noal y Passo da Areia. Estas comunidades son, socialmente, las más necesitadas de estos barrios y se desarrollan en la cuenca del Arroio Cadena. A través de un enfoque integrador, participativo y tecnológico, se analizó y evaluó la ocurrencia de procesos de inundación y erosión de orilla del río. Los niveles de riesgo se definen analizando la peligrosidad del evento ocurrido y evaluando la vulnerabilidad de la población afectada. La zonificación desarrollada indicó Riesgo Alto para 36 viviendas y Riesgo Muy Alto para 41 viviendas.

Palabras clave: Inundación, zonas de riesgo; vulnerabilidad, peligro

1. Introdução

Um desastre é o resultado de um evento adverso sobre uma determinada área habitada e que provoca, como consequências, danos humanos, econômicos, materiais e ambientais ao sistema atingido. O conceito de risco é empregado para expressar uma situação de futuro incerto e de probabilidade de que um evento danoso ocorra sobre uma população e seus ativos e provoque danos e prejuízos (GOERL e KOBIYAMA, 2013; GROTZINGER e JORDAN, 2013; ZANELLA e OLÍMPIO, 2014; VEYRET, 2015; FERNANDES, 2020).

Entre os principais fatores que contribuem para o surgimento de áreas de risco nas áreas urbanas, destacam-se: o adensamento populacional, o crescimento desordenado das cidades com a ocupação das planícies de inundação dos rios, a exclusão socioespacial da população de baixa renda, a falta de conhecimento técnico sobre processos causadores de danos com alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação, canalização de cursos d'água, impermeabilização dos solos etc. (REBELO, 2008; WIGGERS e ROBAINA, 2014; AMARAL e RIBEIRO, 2015).

Os processos hidrológicos como as inundações, enxurradas e alagamentos estão entre aqueles que podem ocasionar situações de risco e, por conseguinte, um desastre (BRASIL, 2007; AMARAL e RIBEIRO, 2015). No contexto dos desastres hidrológicos, podem ser citados, como desastres súbitos, aqueles provocados por enxurradas (também denominadas inundações bruscas); como desastres de evolução crônica, aqueles provocados por inundações graduais e, como desastres por somação de efeitos parciais, os alagamentos, frequentemente, provocados por problemas na rede de drenagem urbana (CASTRO, 1998; MIGUEZ, GREGÓRIO e VERÓL, 2018). A ocorrência desse tipo de processo é mais comum ao longo de vias construídas sobre antigos cursos d'água, que apresentam alto gradiente hidráulico, e em terrenos com acentuada declividade natural (BRASIL, 2007; REIS et al. 2012; AMARAL e RIBEIRO, 2015). A rápida expansão urbana e o deficiente planejamento urbano geram uma deficiência no

Trentin, R.

acompanhamento das estruturas de drenagem e de esgotamento para as águas pluviais (ZUQUETTE, 2018; REIS, 2011; MIGUEZ, GREGÓRIO e VERÓL, 2018).

A área de estudo está localizada no município de Santa Maria, que se localiza na porção central do estado do Rio Grande do Sul. Com uma área de 1.823,1 km² de extensão, tem uma população de 270 mil habitantes (IBGE, 2022), dos quais cerca de 80% residem na área urbana.

O objetivo do trabalho foi desenvolver um mapeamento de risco nas comunidades denominadas Vila Lídia, Vila Arco-Íris, Vila Chaminé e Vila Babilônia. Essas comunidades estão localizadas na bacia hidrográfica do Arroio Cadena, região administrativa centro-oeste da área urbana do município de Santa Maria (Figura 1).

Como resultado do avanço da ocupação urbana ao longo do arroio Cadena, ocorreu intensa transformação do canal fluvial, com processos que envolvem a drenagem e a canalização de parte do arroio. A pressão sobre os cursos fluviais da bacia e de sua planície de inundação está refletida na eliminação da cobertura vegetal, revolvimento do solo durante o processo de loteamento, pela retificação do canal e abertura de canais artificiais para drenagem, por desenvolvimento de arruamentos e redes de esgotos. (FERRARI e MOURA, 2019; SPODE, 2020).

As comunidades da Vila Lídia e Arco-Íris resultaram, em parte, da realocação em 1988, organizada pelo poder público, de ocupações populares que se localizavam próximos da Avenida Liberdade e do Cemitério Municipal, para área mais à oeste. Essa área foi aterrada, pois representava um terreno alagadiço, às margens do arroio Cadena, em área de depósito de lixo. A área, de aterro do antigo lixão, pertencia à prefeitura, a qual construiu as casas e organizou os loteamentos para realocar as famílias vindas da antiga Vila das Pulgas e do Beco das Latas junto ao arroio Cadena (Rocha, 2011). Após, houve uma expansão da ocupação de forma não ordenada.

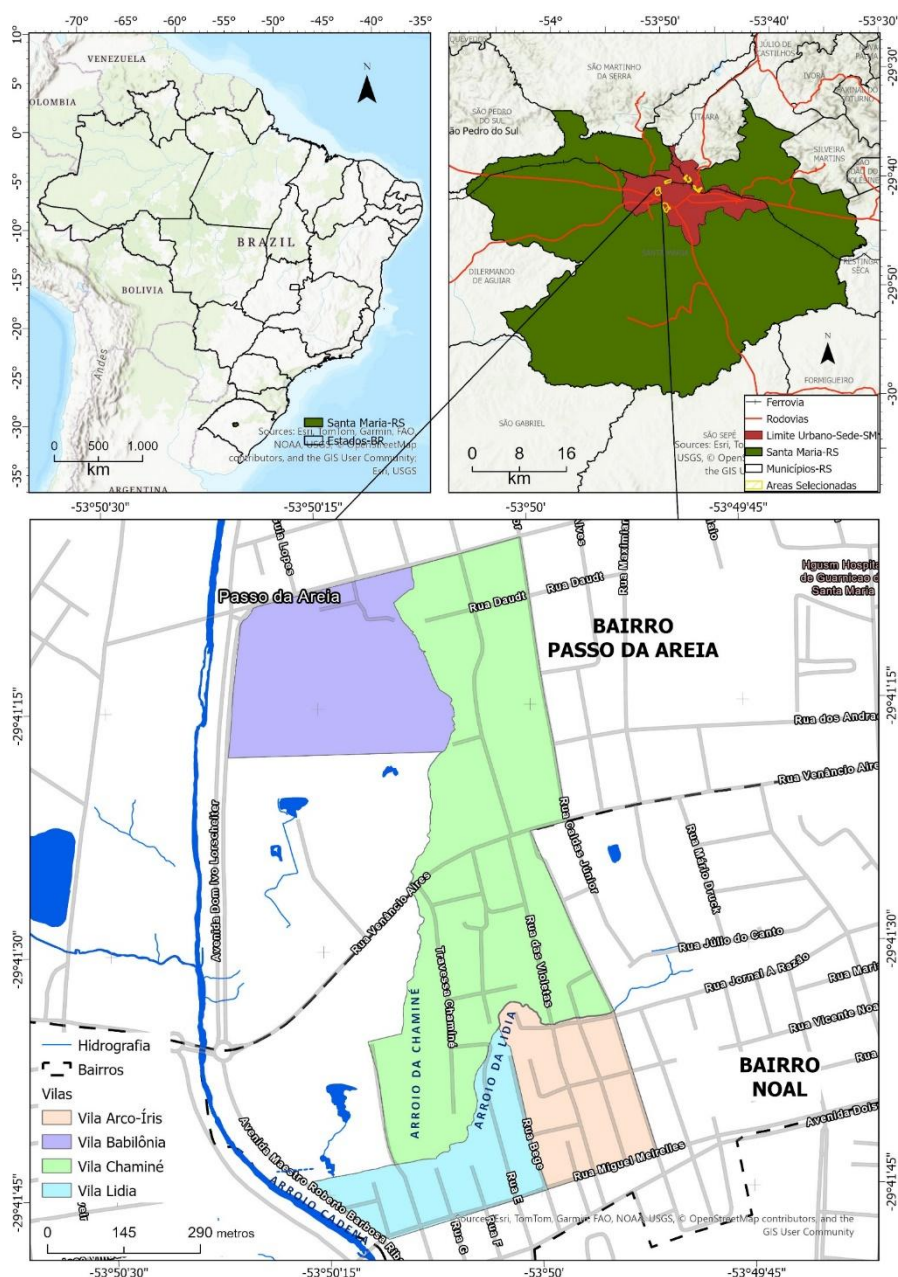


Figura 1. Localização da área de mapeamento que corresponde às vilas Lúcia, Chaminé, Arco-Íris e Babilônia.

Na área que hoje é ocupada pela Vila Chaminé, não havia ocupações residenciais em 2004, sendo áreas de campo, conforme pode observar-se na Figura 2A. As ocupações ocorriam apenas na porção sul da área de estudo. Também é possível identificar nesta imagem que o arroio Cadena apresentava ocupações junto à margem esquerda na Vila Lúcia, com significativos processos de erosão de margem. Na figura 2B, é possível observar a imagem de 2011, em que o processo de ocupação residencial já se encontra presente na Vila Chaminé, nesse período, ocorreu uma crescente expansão para essa área. Na imagem,

Trentin, R.

pode-se observar que as margens do Arroio Cadena, nesta porção, foram revitalizadas, sendo implantadas obras de reassentamento, contenção de margem e a abertura da Avenida Maestro Roberto Ribas nas laterais do arroio. A Figura 2C apresenta a imagem do ano de 2024, com ocupação densa em praticamente toda a área.

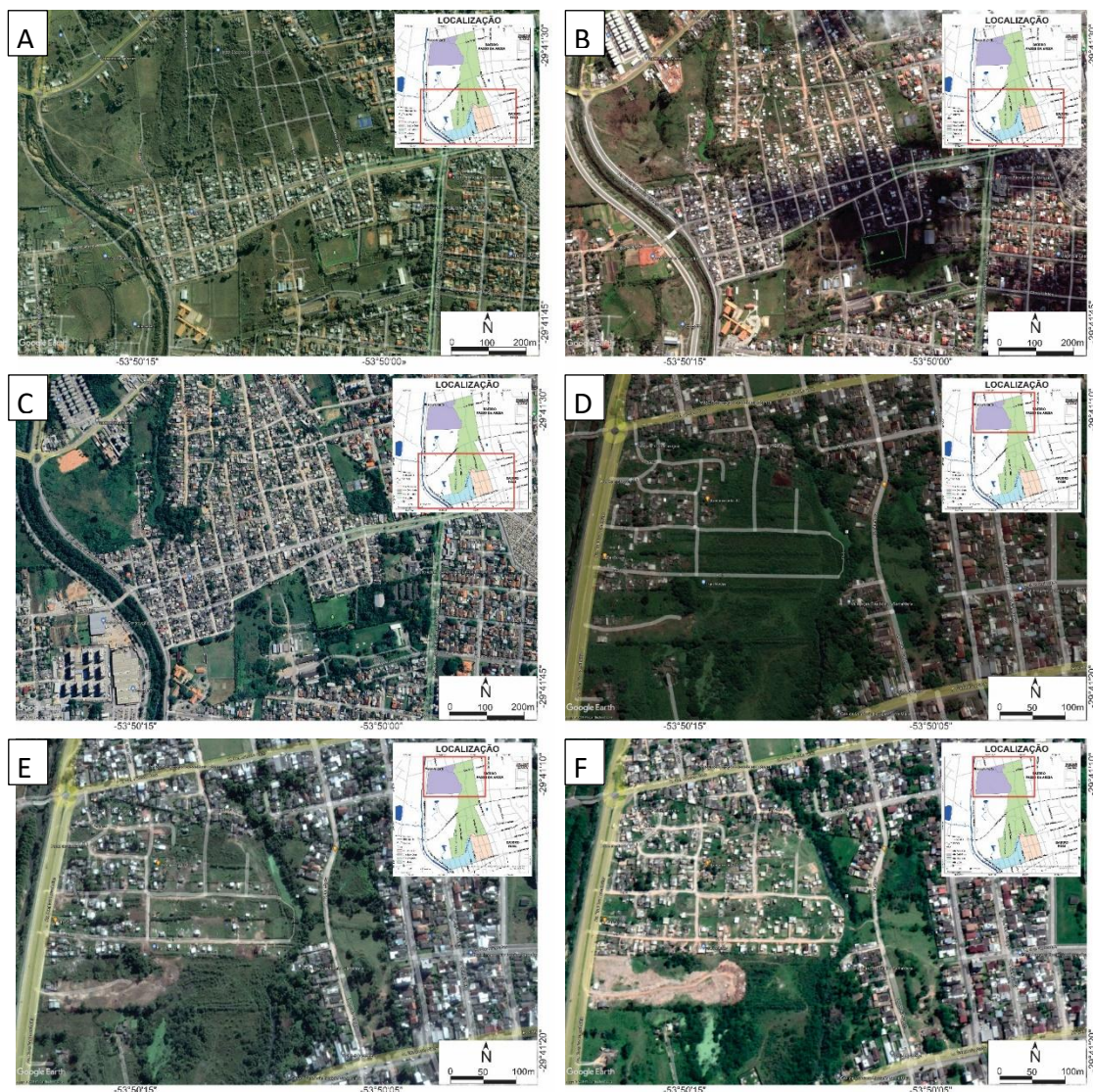


Figura 2. Imagem da área onde se localizam as vilas Chaminé, Lídia e Arco-Íris no ano de 2004 (A), no ano de 2011 (B) e do ano de 2024 com ocupação atual bem densificada (C). Imagem da porção norte da área de estudo onde hoje encontra-se a Vila Babilônia do ano de 2016 (D) e do ano de 2017 (E), imagem de 2019 (F) da porção norte da área de estudo onde hoje encontra-se consolidada a ocupação da Vila Babilônia

A comunidade denominada de Babilônia tem a sua ocupação ocorrendo mais recentemente, especialmente após 2019. A figura 2D mostra a área atualmente ocupada pela Vila Babilônia, no ano de 2016. Observa-se que a

Trentin, R.

ocupação, nessa área, estava restrita às proximidades da Av. Dom Ivo Lorscheiter, porção mais alta. Nas proximidades do arroio da Chaminé, havia campos, sem ocupações residenciais. Na figura 2E, do ano de 2017, é possível observar que a ocupação residencial da Vila Babilônia começa a estabelecer-se, com a abertura de algumas ruas. A figura 2F mostra a mesma área no ano de 2019, com as ruas abertas e grande parte da área ocupada. Ainda é possível notar, no sul da Vila Babilônia, um grande terreno sendo aterrado, possivelmente com finalidades de expansão da ocupação residencial.

2. Metodologia

As análises iniciaram com o levantamento de trabalhos desenvolvidos na área de estudo, reconstituição histórica do processo de ocupação e formação das comunidades. A avaliação segue com os trabalhos de campo, quando os pesquisadores dialogam e interagem com a comunidade.

O auxílio do Sistema de Informações Geográfica (SIG), aerolevantamentos de drone e uso do GNSS para aquisição de posições nos trabalhos de campo correspondem a uma etapa importante no levantamento de dados primários, que servirão de base à produção cartográfica. O ortomosaico foi obtido a partir do sobrevoo da área de estudo, utilizando um drone Mavic Air 2 com uma tomada de fotos programadas com sobreposições de 80% frontal e 75% lateralmente com uma altura de voo de 150 metros. Posteriormente, esses dados são processados no Agisoft Metashape, onde foi gerado o ortomosaico da área.

O trabalho de campo foi realizado percorrendo ruas e acessos da comunidade, acompanhados por moradores. Nessa etapa, foram feitos os registros fotográficos das situações específicas observadas em solo, bem como de fotografias oblíquas de baixa altitude tomadas com uso de drone.

As variáveis utilizadas para definir o perigo de processos hidrológicos e de erosão de margem, além da determinação da vulnerabilidade dos elementos expostos, quando impactados por um perigo, estão apresentados no Quadro 01.

Trentin, R.

Com base nas observações e nos dados obtidos, o perigo e a vulnerabilidade da população foram classificados em três graus: baixo, médio e alto. O risco foi determinado pelo cruzamento do perigo e da vulnerabilidade com 4 graus: baixo, médio, alto e muito alto (Quadro 02).

Perigo	Processos hidrológicos	Distanciamento das estruturas residenciais em relação aos cursos d'Água (<15m; 15 a 30m; >30m)
		Frequência de eventos,
		Altura das cheias
		Permanência das águas
		Problemas na drenagem urbana
	Erosão de margem	Forma e composição da margem
		Variação da altura d'água no canal
		Evidências de movimentação
		Distanciamento das residências à margem (>5m; 5 a 3m; <3m)
Vulnerabilidade		Densidade de moradias
		Padrão urbano (tamanho, material, acabamento)
		Infraestrutura urbana (rede de água; redes de esgotamento; coleta de resíduos)

Quadro 01 – Variáveis utilizadas nas análises para determinação do grau de perigo e de vulnerabilidade

Graus de risco	Variáveis de perigo e vulnerabilidade
Risco Baixo	Correspondem às áreas com classe de perigo e vulnerabilidade baixa
Risco médio (R2)	Corresponde às áreas com classes de perigo alto com vulnerabilidade baixa ou perigo médio com vulnerabilidade média ou alta
Risco alto (R3)	Corresponde às áreas com classes de perigo alto com vulnerabilidade média
Risco muito alto (R4)	Corresponde às áreas com classes de perigo alto com vulnerabilidade alta

Quadro 02 – Condições de perigo e vulnerabilidade que definem os 4 graus de risco

3. Resultados

Análise de Risco

As áreas de estudo estão indicadas na carta geotécnica de Santa Maria (MACIEL FILHO, 1990) como desfavorável à ocupação urbana. Os trabalhos de Berger, (1999), Robaina *et al.* (2001, 2008) indicam vários registros de eventos de alagamento e inundação. Esta é uma área onde estão registrados, pela Defesa Civil, nos últimos anos, muitos eventos de alagamento e inundação.

Trentin, R.

Na atualidade, os processos de risco estão representados por processos hidrológicos de alagamentos e inundações e, em algumas áreas, processo geológico de erosão de margem nos afluentes do Cadena que drena a comunidade e que denominamos no trabalho de arroio da Chaminé e arroio da Lúdia (Figura 3 (A) e (B)).

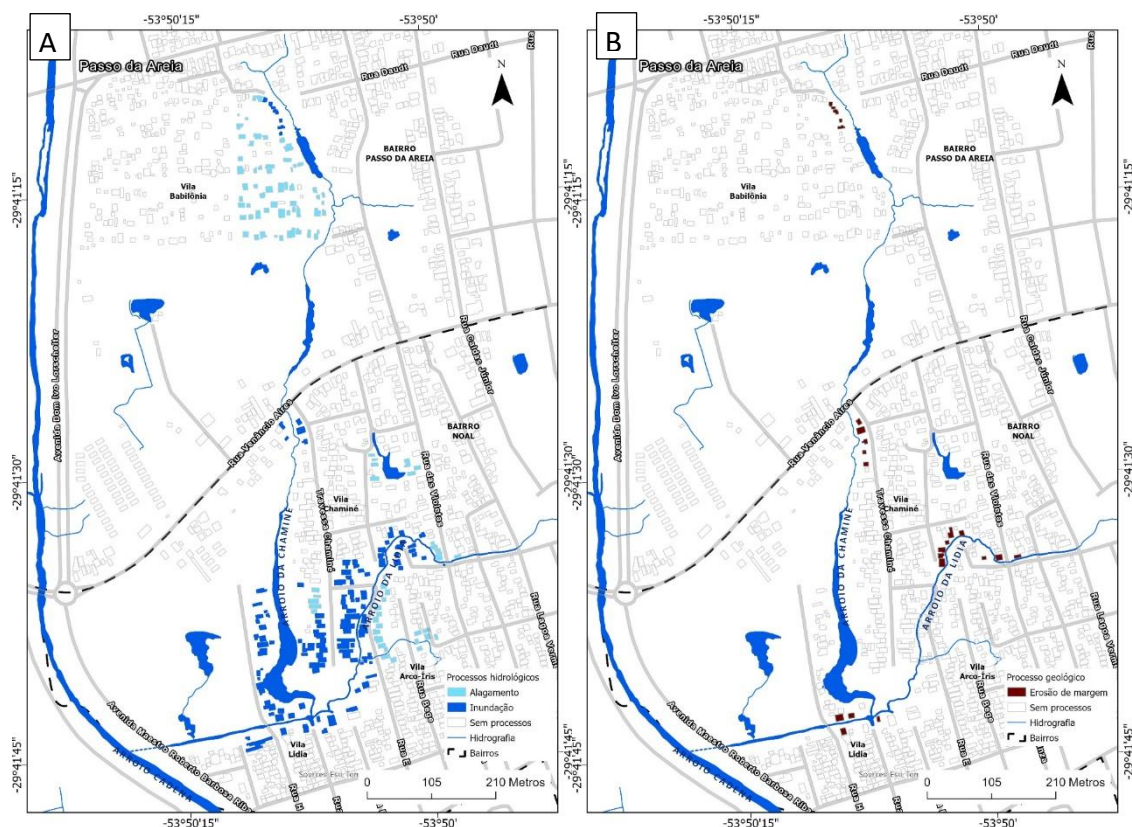


Figura 3. Moradias afetadas por processos hidrológicos de alagamento e inundações(A) e de erosão de margem(B).

Processos Hidrológicos

As áreas de alagamentos ocorrem onde os sistemas de drenagens são inexistentes ou inadequados. Trata-se de área alagadiça com aterros variados e lençol freático próxima à superfície. As canalizações pluviais e de pequenos arroios são realizadas por iniciativa privada ou pelo poder público de forma localizada. Isso resulta de um sistema com diferentes tubulações nos trechos com canalização fechada e a presença de trechos abertos. Observa-se que as canalizações desniveladas provocam deposição de sedimentos nas tubulações e, consequentemente, constantes obstruções. Além disso, redes subdimensionadas

Trentin, R.

causam afogamento dos coletores e boca de lobo com refluxo nas moradias. Na figura 4, está apresentado o mapeamento para cada moradia quanto ao grau de perigo (Figura 4).

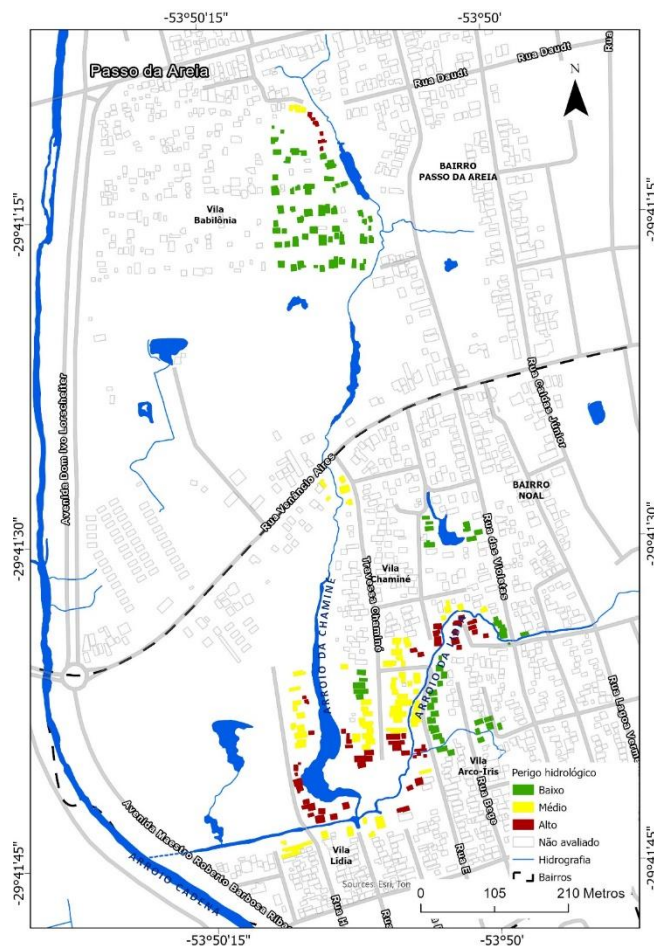


Figura 4. Perigo dos processos hidrológicos na área

Alagamentos também são identificados junto a um pequeno curso de água que se encontra, em sua maior parte, fechado de forma irregular. Na parte aberta, junto à rua Travessa Chaminé, acumula-se água devido à ineficiência das canalizações e por obstruções. Perigo Baixo foi determinado em áreas afetadas por Alagamentos em moradias próximas ao arroio da Vila Lúcia, com variadas intervenções. Elas são afetadas pelo refluxo das águas pelos bueiros da rua e ralos das moradias, especialmente no lado direito da rua E (Figuras 5A e B).



Figura 5. Travessa da Chaminé, onde ocorrem alagamentos associados a problemas de drenagem pluvial (A) e rua E, onde a canalização do arroio de forma ineficiente e praticamente entulhada de sedimentos também causa alagamentos (B).

As condições de Perigo Médio e Alto têm influência direta dos arroios que drenam as comunidades. O arroio afluente principal, denominado no trabalho de arroio da Chaminé, tem baixa velocidade de fluxo e pontos de estrangulamento. As áreas alagadiças geradas, em eventos de chuva acumulada, provocam processos de inundação. As moradias afetadas diretamente pelo extravasamento desse arroio são consideradas de Perigo médio a alto dependendo da proximidade em relação ao canal. Essa característica é observada na Vila Babilônia na margem direita, junto a uma curva do arroio, um pouco antes de uma área de estrangulamento do canal. A maior concentração de moradias de Perigo Médio e Alto encontra-se entre os dois arroios que drenam a área. Os processos são comuns e ocorrem pelo extravasamento das águas dos canais. No final da rua Travessa Chaminé e na parte baixa da rua E encontram-se as principais situações de Perigo (Figuras 6A, B, C).



Figura 6. Processos de inundação na margem direita do arroio da Chaminé na Vila Babilônia (A) e Vila Lúcia (B) e do arroio da Lúcia na Vila Arco-Íris (C)

Trentin, R.

Além dos processos hidrológicos, as baixas condições sanitárias apresentadas constituem-se em um ambiente perfeito para a multiplicação de vetores e microrganismos, implicando riscos à saúde da população. A disposição final dos resíduos sólidos é uma questão importante quando se trabalha com processos hidrológicos, especialmente em curso d'água de pequeno porte. Além disso, a ausência de uma ação organizada de recolhimento de entulhos, como móveis e eletrodomésticos, faz com que muitas pessoas utilizem os arroios como área de descarte. Essa disposição final inadequada tem causado impactos socioambientais e ampliado a ocorrência de inundação devido à diminuição da capacidade de descarga da rede de drenagem (Figuras 7 A, B).



Figura 7. Descartes de resíduos sólidos e móveis junto ao canal artificial (A) e junto ao arroio da Chaminé (B)

Processo de Erosão de Margem

Os arroios que drenam a área de estudo são de pequena ordem, afluentes do Cadena, com relativa baixa capacidade de erosão de margem. Entretanto, o aumento da ocupação, muitas vezes, sobre o canal, incrementa o volume de água que flui, gerando situações de perigo para algumas moradias. A Figura 8 apresenta o mapeamento do grau de perigo para a erosão de margem.

Na área de estudo, baseado nas características dos canais de drenagem, o Perigo Baixo está indicado em moradias onde a possibilidade de ocorrência do evento é reduzida devido à distância da margem do arroio.

O Perigo Alto foi definido em áreas com a moradia em uma distância inferior a 3m da margem e quando observam-se feições de corrosão e solapamentos. Essas condições ocorrem em três moradias localizadas na margem curva sob o impacto direto da água do arroio da Chaminé, na Vila Babilônia. O

Revista Espaço & Geografia, v. 28, 2025 (DOI: 10.26512/2236-56562025e56063).

<https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegografia/index>

Trentin, R.

Perigo Alto também foi definido para seis moradias na margem côncava do arroio da Vila Lúdia, em uma sinuosidade do canal, e duas moradias localizadas muito próximas do canal artificial que liga a drenagem da área ao arroio Cadena (Figura 9A, B, C).

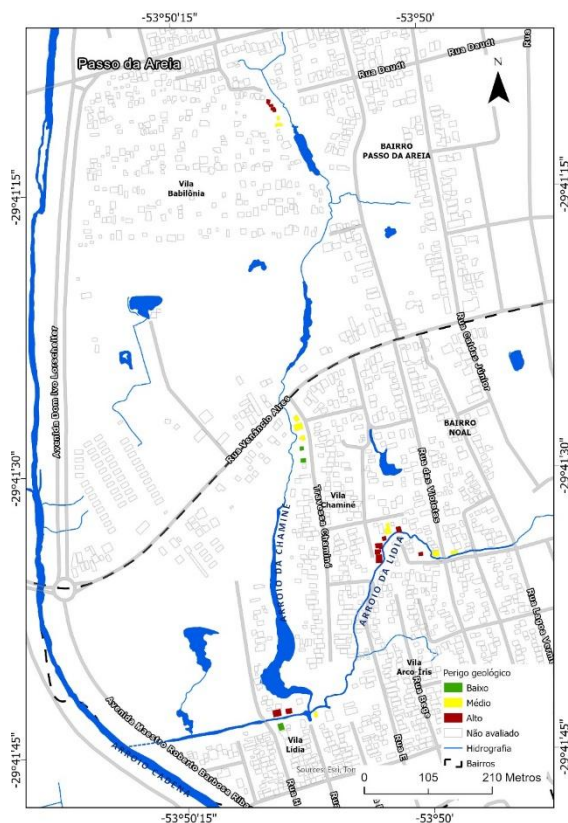


Figura 8. Espacialização do perigo de erosão de margem na área



Figura 9. Fotografias oblíquas baixas das residências com processos de erosão de margem na Vila Babilônia(A), nas margens do arroio da Lúdia (B) e do canal artificial (C)

Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi definida para as moradias determinadas como em situação de Perigo a Processos hidrológicos ou de erosão de margem. A

Trentin, R.

população estabelecida em áreas urbanas, em especial, a de baixo poder aquisitivo, tem sido afetada por desastres causados pela ação de processos da dinâmica superficial (REBELO, 2008, CUTTER et al., 2008; MARCELINO, NUNES e KOBIYAMA, 2006; TOMINAGA, 2015; FRANK; BOHN, 2018).

Elas representam subáreas do bairro Noal e Passo da Areia, sendo consideradas, socialmente, como as mais carentes desses bairros, com mais de 40% dos domicílios com renda até um salário-mínimo (SPODE, 2020). São identificadas como de pobreza e privação social, atendidas pela Estratégia Saúde da Família (ESF) (MORAES, SPODE e FARIA, 2022). Isso é refletido pelo baixo padrão construtivo das moradias e deficiência de infraestrutura.

Essas características indicam a predominância de Vulnerabilidades Médias e Altas (FIGURA 10). As áreas com vulnerabilidade média estão representadas por moradias com bom padrão construtivo, mas com deficiência de infraestrutura urbana. A vulnerabilidade alta está representada por áreas com ruas sem pavimento, destituídas de esgotamento pluvial. Os terrenos são alagadiços com as casas mistas, de madeira e menos comumente de alvenaria, com baixo acabamento.

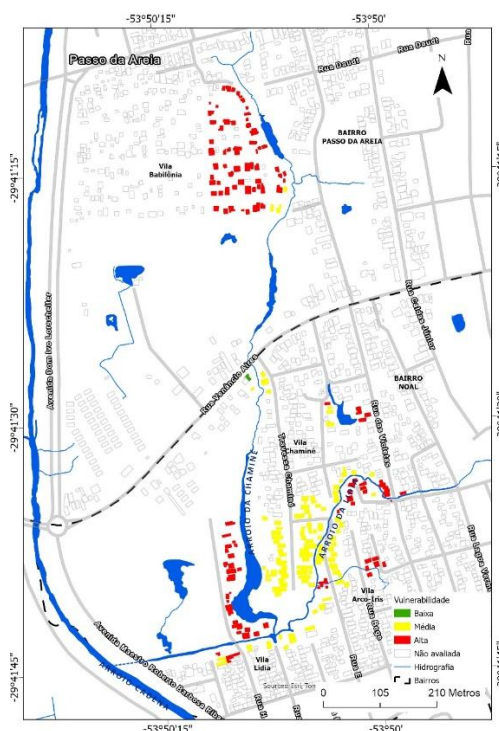


Figura 10. Espacialização dos graus de vulnerabilidade das residências mapeadas em situação de risco

O conceito define a probabilidade de que um evento ocorra sobre uma população e seus ativos e provoque danos e prejuízos. Nesta pesquisa, 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.

A figura 11A apresenta a distribuição espacial do risco hidrológico nas comunidades, definidos em quatro graus: baixo, médio, alto e muito alto.

O Risco Baixo está definido para 24 moradias. Nessa condição, o Perigo está relacionado a situações de alagamentos em que a rua é afetada sem danos nas moradias. A vulnerabilidade da população na área é definida como média.

O Risco Médio é definido para 70 moradias, onde processos de alagamentos causam danos em ruas, mas a vulnerabilidade da população é alta, associada à falta de infraestrutura e construções de baixo padrão. O risco médio, também, se associa a 53 moradias com Perigo médio, onde os processos de alagamentos causam danos a ruas e moradias e a condição de vulnerabilidade da população é baixa (uma moradia) ou média (52 moradias).

O Risco Alto e o Risco Muito Alto ocorrem na Vila Babilônia junto à margem do arroio da Chaminé; verificam-se, também na parte interna em uma curva de meandro do arroio da Lídia; na rua E, junto a uma pequena drenagem quando atinge o arroio da Lídia; e, predominantemente, no baixo curso do arroio da Chaminé. O Risco Alto é indicado para 20 moradias com Perigo médio e vulnerabilidade alta e 16 moradias com Perigo Alto em situações de vulnerabilidade média. O Risco Muito Alto é definido para 41 moradias, sendo que estas apresentam alta vulnerabilidade, construções de baixo padrão construtivo e falta de infraestrutura e estão submetidas a Perigo Alto, onde os danos das inundações afetam as moradias.

As condições hidráulicas dos arroios que drenam a comunidade, em estudo, fazem com que o processo de erosão de margem tenha influência em 21

Trentin, R.

moradias (Figura 11B). Destas, seis moradias estão em Risco Médio e Baixo. Moradias em risco médio associam-se, principalmente, à intervenção de esgoto pluvial que desemboca próximo à rua Venâncio Aires.

O Risco Alto está indicado para oito moradias e Risco Muito Alto em sete moradias. Esses riscos ocorrem em moradias muito próximas ao canal de drenagem, sem infraestrutura e baixo padrão construtivo. Essas características estão colocadas na curva côncava do arroio da Chaminé e do arroio da Vila Lúcia. Existem riscos ainda associados a moradias colocadas junto ao canal artificial que drena em direção ao arroio Cadena.

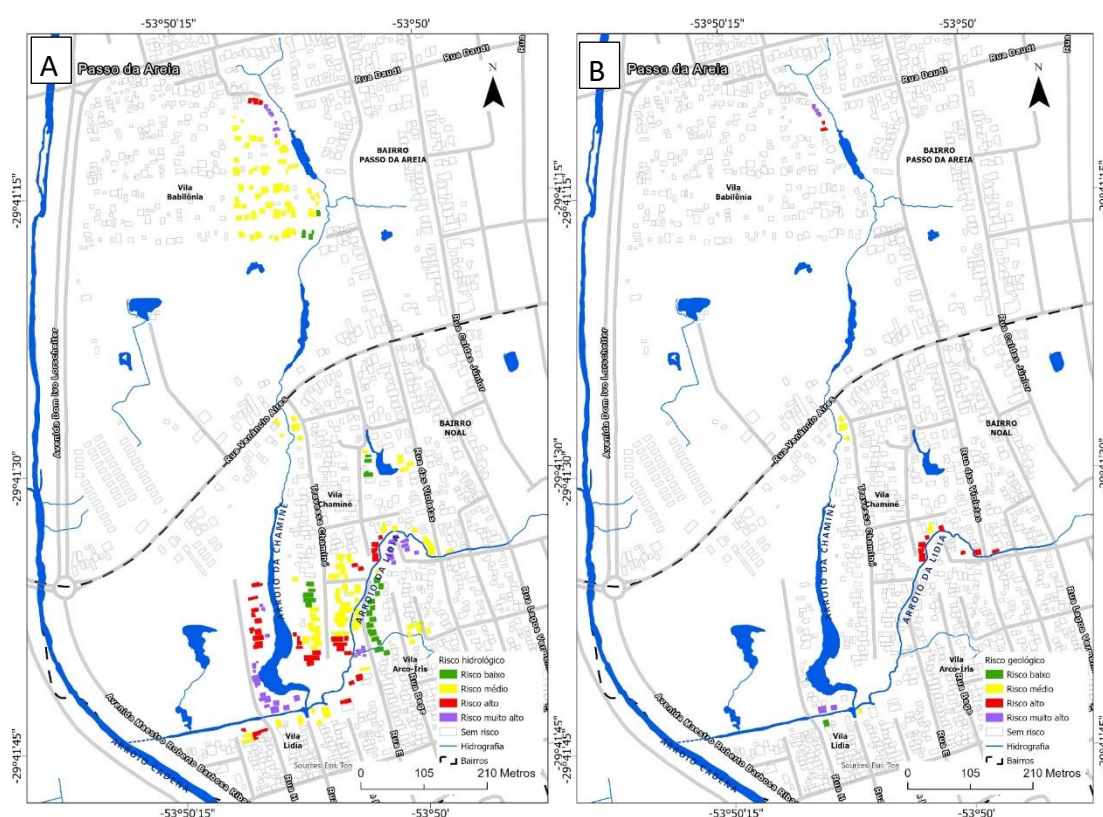


Figura 11. (A) Espacialização dos graus de risco à processos hidrológicos na área e (B) espacialização dos graus de risco à processos de erosão de margem na área

4. Considerações Finais

O adensamento populacional com crescimento desordenado das cidades e a exclusão socioespacial da população de baixa renda colocam as áreas de risco como um problema urbano de difícil solução.

Trentin, R.

Metodologicamente, foi realizada uma abordagem integrativa, participativa e com auxílio do SIG para o estudo das áreas de risco, identificando os processos atuantes e a espacialização das edificações que podem ser afetadas.

Estabelecer os diferentes cenários existentes é um importante instrumento para auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas, na medida em que permite hierarquizar os problemas, avaliar a necessidade de investimentos e dar suporte técnico ao poder público que, junto com a comunidade, possa encontrar soluções para essas situações. Portanto, a universidade pode contribuir com a sociedade na compreensão dos mecanismos dos processos e o desenvolvimento de diagnósticos.

Financiamento:

Esta pesquisa foi financiada pelo Ministério das Cidades do Governo Federal através da FIOTEC, número de identificação GEREB 019 FIO 23 SUB x". Contou ainda com recursos do projeto FAPERGS número 24/2551-0002134-5 e pelas bolsas de produtividade em pesquisa PQ2 número 302449/2022-1 e 302996/20221-4.

Agradecimentos:

Os autores agradecem o apoio da comunidade nas discussões e acolhimento da equipe no desenvolvimento dos trabalhos de levantamentos de dados e definições do perigo e vulnerabilidade das vilas.

6. Referências Bibliográficas

1. ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, 47, p. 107-124, 2002.
2. BERGER, M. G. **Inundações/Alagamentos na área Urbana de Santa Maria associado a ação antrópica e a distribuição das chuvas entre 1980 e 1995**. Monografia de Graduação, UFSM, CCNE, Depto de Geociências. 1999. 80p
3. BRITO, M. M.; WEBER, E. J.; KRIGGER, V. S.; LEITZKE, F. P. Análise dos fatores condicionantes de movimentos de massa no município de Porto Alegre a partir de registros históricos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 68, n. 9, p. 1853-1872, 2016.

Trentin, R.

4. CARDONA, O. D. **Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos**. Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Instituto de Estudios Ambientales. Banco Interamericano de Desarrollo, 2005.
5. CRISTO, S.S.V.; ROBAINA, L.E.S.; BERGER, M.G. Análise Ambiental da Bacia do Arroio Cadena, Município de Santa Maria – R|S: Vila Urlândia. Publicado na **Rev. Ciência e Natura** (ISSN 0100-8307). Santa Maria, 22, 2000.
6. CUTTER, S. L. The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, p.1-12, 2003.
7. CUTTER, S.L.; BARNES, L.; BERRY, M.; BURTON, C.; EVANS, E.; TATE, E.; WEBB, J. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change** Volume 18, Issue 4, October 2008, P. 598-606.
8. FERRARI, J. **Investigação da morfologia original e antropogênica do Arroio Cadena, Santa Maria-RS**. Dissertação. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018.
9. FRANK, B.; BOHN, N. História da gestão do risco e inundações na bacia do Itajaí. In.: MATEDDI, M. A.; LUDWIG, L.; AVILA, M. R. R. (Orgs.) **Desastre de 2008+10 no vale do Itajaí: água, gente e política: aprendizados**. Blumenau: Edifurb, 2018. p. 117 – 149.
10. FERNANDEZ, Paulo; MOURATO, Sandra; MOREIRA, Madalena. 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, 2016, p. 1367-1389.
11. GONÇALVES C. D. Desastres Naturais. Algumas Considerações: Vulnerabilidade, Risco e Resiliência. **Territorium** 19, p. 5-14, 2012.
12. MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Imprensa Universitária, Santa Maria: UFSM, 1990. 22p
13. MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 17, p. 72-84, 2006.

Revista Espaço & Geografia, v. 28, 2025 (DOI: 10.26512/2236-56562025e56063).

<https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/index>

Trentin, R.

14. REBELO, F. Um Novo Olhar Sobre os Riscos? O Exemplo das Cheias Rápidas (Flash Floods) em Domínio Mediterrâneo. **Territorium**, v. 15, p. 7-14, 2008.
15. RECKZIEGEL, B.W.; ROBAINA, L.E.S.; OLIVEIRA, E.L.A. Mapeamento de Áreas de Risco Geomorfológico nas Bacias Hidrográficas dos Arroios Cancela e Sanga do Hospital, Santa Maria-RS. **Geografia, Revista do Departamento de Geociências**, v. 14, n. 1, jan./jun. 2005.
16. ROBAINA, L.E.S.; BERGER, M.G.; CRISTO, S.S.V.; PAULA, P.M. Análise dos Ambientes Urbanos de Risco do Município de Santa Maria – RS. Publicado na **Rev. Ciência e Natura** (ISSN 0100-8307). Santa Maria, 23, 2001.
17. ROBAINA, L.E.S.; RECKZIEGEL, E.W.; RECKZIEGEL, B.W.; BOMBASSARO, M.G. Hierarquização das Moradias com Risco Geomorfológico Associado ao Arroio Cadena – Santa Maria, RS: Estudo de Caso nas Vilas Oliveira, Lídia e Urlândia. **Geografia**, Rio Claro, v. 33, n. 1, jan./abr. 2008.
18. SANTOS, P.P. ·ZÊZERE, J.L.; PEREIRA, S.; ROCHA, J.; TAVARES, A.O. A Novel Approach to Measuring Spatiotemporal Changes in Social Vulnerability at the Local Level in Portugal. **Int. J. Disaster Risk Sci.** 2022. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00455-w>
19. SPODE, P. L. C.; FARIA, R. M. Indicadores de pobreza e privação social na área urbana de Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 36, p. 9-29, 2020.
20. SPODE, P. L. C. **Pobreza e privação social na área urbana de Santa Maria, Rio Grande do Sul: uma análise a partir dos usos do território**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Santa Maria, 2020.
21. TATE, E. (2013). Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, 526-543.
22. TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015, p. 11-23.

Trentin, R.

23. 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