









## Ensino e Geografia

# Análise geográfica do risco a processos de dinâmica fluvial na Vila Urlândia, município de Santa Maria/RS

Geographical analysis of river dynamics in Vila Urlândia, municipality of Santa Maria/RS

Análisis geográfico de la dinámica fluvial en Vila Urlândia, municipio de Santa María/RS

Luís Eduardo de Souza Robaina<sup>1</sup> , Romário Trentin<sup>1</sup> ,  
Andrea Valli Nummer<sup>1</sup> , Rinaldo Jose Barbosa Pinheiro<sup>1</sup> ,  
Juliane dos Santos Pinto<sup>1</sup> , Antonio Von Ende Dotto<sup>1</sup> ,  
Marco Antônio da Rosa Soares<sup>1</sup> , Maria Giovanna Torquato Faustino<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria , Santa Maria, RS, Brasil

## RESUMO

A área de estudo localiza-se na Vila Urlândia e parte oeste da Vila Santos, na região administrativa Sul da cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Os estudos têm como objetivo a cartografia e o zoneamento do risco a ocorrência de processo fluviais que podem causar danos a população. A participação da comunidade através de relatos das situações dos eventos hidrológicos e de erosão de margem, registros fotográficos e de vídeos gravados, informação das recorrências, bem como os demais problemas associados, foi de fundamental importância para a definição do risco a ocorrência de processos fluviais. Para a cartografia da área, foi realizado um ortomosaico da vila com realização de fotografias aéreas obtidas com drone Mavic Air 2, por meio de um aerolevante a 150 metros de altura. O grau de risco é definido pela matriz de relação entre o grau de perigo e vulnerabilidade. Os dados apresentados mostram que, na comunidade urbana trabalhada, os processos hidrológicos de alagamentos e inundações/enxurradas são predominantes, mas a possibilidade de destruição de moradias está mais associada ao processo geológico de erosão e solapamento de margens. Ao todo foram identificadas 211 moradias com risco alto e muito alto. A identificação e análise das áreas de risco, é fundamental para que sejam adotadas medidas que minimizem ou evitem danos e/ou perdas de vidas.

**Palavras-chave:** Perigo; Vulnerabilidade; Inundação; Alagamento; Erosão de margem

## ABSTRACT

The study area is located in Vila Urlândia and the western part of Vila Santos, in the southern administrative region of the city of Santa Maria, Rio Grande do Sul. The studies aim to map and zone the risk of river processes that could cause harm to the population. Community participation through reports of hydrological events and riverbank erosion, photographic and video recordings, information on recurrences, and other associated problems was crucial in defining the risk of river processes. The area was mapped using an orthomosaic of the village, using aerial photographs taken with a Mavic Air 2 drone, from an aerial survey at an altitude of 150 meters. The risk level is determined by the relationship matrix between the degree of hazard and vulnerability. The data presented show that, in the urban community studied, hydrological processes of flooding and flash floods are predominant, but the possibility of home destruction is more associated with the geological processes of erosion and riverbank undermining. A total of 211 homes were identified as being at high and very high risk. Identifying and analyzing risk areas is essential for adopting measures to minimize or prevent damage and/or loss of life.

**Keywords:** Hazard; Vulnerability; Inundation; Flooding; Margin erosion

## RESUMEN

El área de estudio se ubica en Vila Urlândia y la parte oeste de Vila Santos, en la región administrativa sur de la ciudad de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Los estudios buscan mapear y zonificar el riesgo de los procesos fluviales que pueden causar daños a la población. La participación comunitaria a través de informes sobre eventos hidrológicos y erosión de riberas, registros fotográficos y de video, información sobre recurrencias y otros problemas asociados fue crucial para definir el riesgo de los procesos fluviales. Para mapear el área, se creó un ortomosaico de la aldea usando fotografías aéreas tomadas con un dron Mavic Air 2, utilizando un levantamiento aéreo a una altitud de 150 metros. El grado de riesgo se define por la matriz de relación entre el grado de amenaza y vulnerabilidad. Los datos presentados muestran que, en la comunidad urbana estudiada, los procesos hidrológicos de inundaciones e inundaciones repentinas son predominantes, pero la posibilidad de destrucción de viviendas está más asociada con el proceso geológico de erosión y socavación de riberas. Un total de 211 viviendas fueron identificadas como de riesgo alto o muy alto. Identificar y analizar estas áreas de riesgo es crucial para adoptar medidas que minimicen o prevengan daños y/o pérdidas de vidas.

**Palabras-clave:** Peligro; Vulnerabilidad; Inundación; Avenidas; Erosión del margen

## 1 INTRODUÇÃO

A população estabelecida em áreas urbanas como acontece na cidade de Santa Maria, em especial, a de baixo poder aquisitivo, tem sido afetada por desastres causados pela ação de processos da dinâmica superficial. Nessas áreas, além das perdas econômicas podem ocorrer pessoas feridas ou mortes (Rebelo, 2008, Cutter *et al.* 2008; Marcelino, Nunes e Kobiyama, 2006; Tominaga, 2015b; Frank; Bohn, 2018). As áreas onde ocorrem, ou há possibilidade de ocorrências desses eventos com acidentes, são chamadas de “áreas de risco”. A possibilidade de prever a ocorrência de acidentes

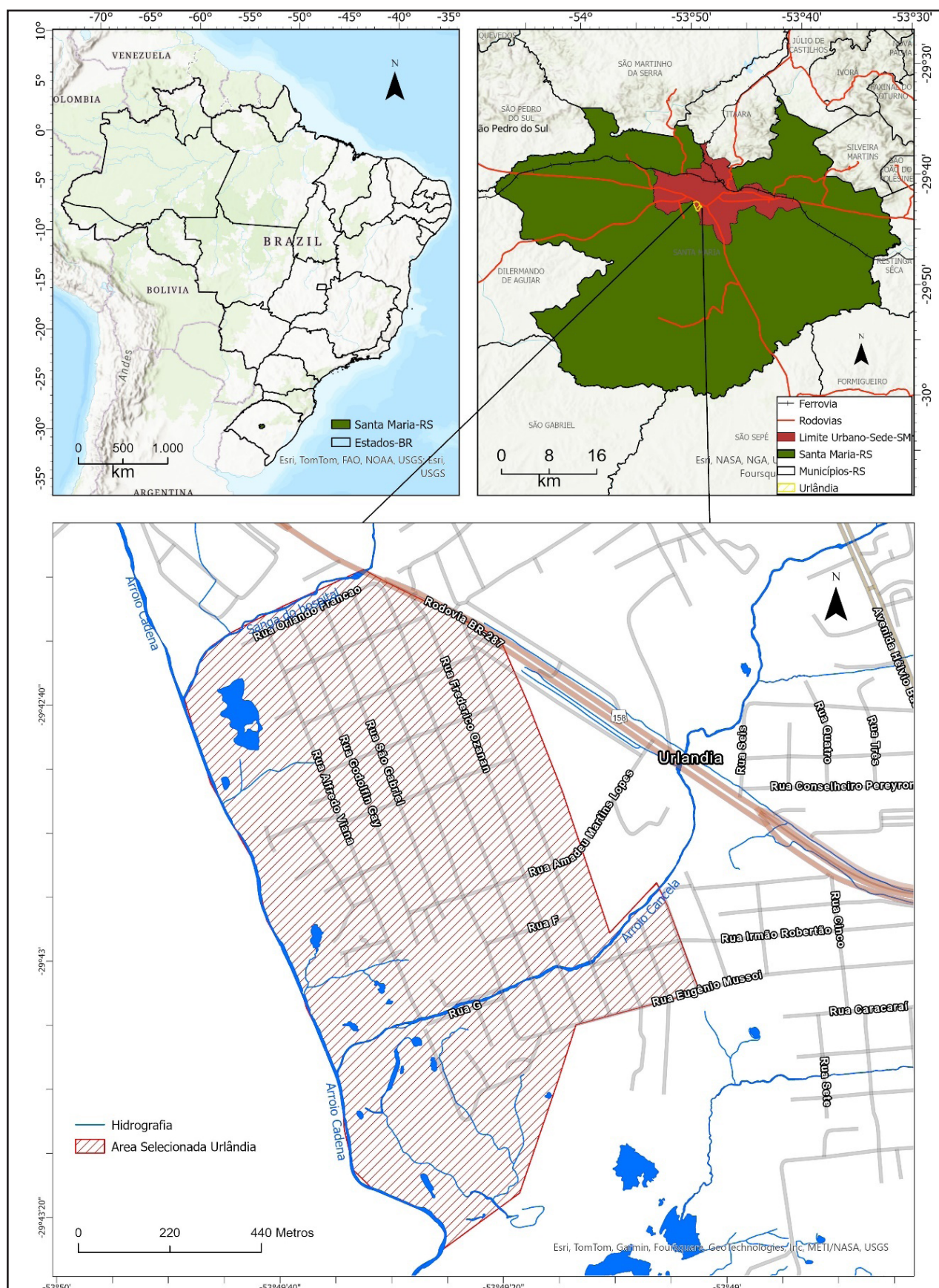
associados a dinâmica de encosta e dinâmica fluvial, a partir da identificação e análise das áreas de risco, é fundamental para que sejam adotadas medidas que minimizem ou evitem danos e/ou perdas de vidas (Alcántara-Ayayla, 2002; Gonçalves, 2012; Brito *et al.* 2016; Santos *et al.* 2022).

O município de Santa Maria localiza-se na porção central do Estado do Rio Grande do Sul, possuindo uma área de 1.823,1 km<sup>2</sup> de extensão e uma população de 270 mil habitantes (IBGE, 2022), dos quais cerca de 80% residem na área urbana. A dinâmica territorial de Santa Maria, na década de 1960, se caracterizava por uma área central usada para a construção de edifícios para moradia e comércio, além dos serviços de saúde e nas áreas periféricas, principalmente na instalação de loteamentos de baixa renda, além da formação de ocupações irregulares, como nas margens dos arroios (Spode, 2020).

A área representada pelas comunidades da Vila Urlândia e parte oeste da Vila Santos se localiza na região administrativa Sul da cidade de Santa Maria. Estas comunidades se inserem no processo de ocupação que marcou o início da década de 1960, logo que o município ingressou numa fase de desenvolvimento econômico promovido pela instalação da Universidade Federal de Santa Maria (FIGURA 1).

Os processos de risco existentes na comunidade urbana da Vila Urlândia e Santos são hidrológicos (alagamentos e inundações/enxurradas) e geológicos, associados à erosão e solapamento de margens, influenciados pelo arroio Cadena e seus afluentes Cancela e Sanga do Hospital. A área está indicada na carta geotécnica de Santa Maria Maciel Filho (1990) como desfavorável a ocupação urbana. Trabalhos anteriores identificaram nesta área o risco a processos de dinâmica fluvial (Berger, 1999; Cristo *et al.* 2000; Robaina *et al.* 2001; Reckziegel *et al.* 2005). O PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos) desenvolvido em 2006 determinou para a mesma área situações de muito alto risco, para processos hidrológicos. A Defesa Civil municipal registrou, entre 2018 e 2024, 18 atendimentos devido a eventos de inundação e alagamentos nessa região.

Figura 1 – Localização da área de estudo no contexto do município de Santa Maria/RS



Fonte: Autores (2024)



## 2 METODOLOGIA

Para a análise do risco a processos de dinâmica superficial aplicou-se procedimentos de avaliação da ocorrência dos processos de inundação/alagamento e erosão de margem através da realização de trabalhos de campo para identificação do local de ocorrência dos processos e determinação da perigosidade e vulnerabilidade da área

A participação da comunidade neste trabalho teve uma contribuição importante, pois os relatos das situações dos eventos muitas vezes com a apresentação de registros fotográficos e vídeos gravados pelo celular, a informação das recorrências, bem como danos as moradias e a infraestrutura, foram fundamentais para a compreensão do processo e definição do risco.

Para o processo de cartografia da área, foi realizado um ortomosaico da vila com realização de fotografias aéreas obtidas com drone Mavic Air 2, por meio de um aerolevante a 150 metros de altura com sobreposições de 70% na lateral e 75% frontal, utilizando-se do aplicativo dronelink, para automação do voo de recobrimento. As fotografias foram processadas no Agisoft Metashape em resolução ultra para obtenção do ortomosaico, que serviu de mapa base para os trabalhos de campo e cartografia do risco.

No processo de avaliação da erosão de margem, foram percorridos os arroios Cadena, Sanga do Hospital e Cancela, com ocupações nas margens. Este processo é avaliado a partir das características das margens quanto à forma, presença de água e evidências de movimentação ou de processos erosivos. Além disso, a distância das moradias às margens com evidências de processos erosivos é mais um indicador de nível de perigo. O Perigo Baixo está indicado para moradias com distância da margem superior a 10m, mas com possibilidade da erosão avançar na direção da construção. O Perigo Médio foi definido por moradias com distância da margem entre 3m e 10m, algum tipo ação para a minimização da erosão, como aterros e plantação de vegetação. O Perigo Alto foi definido em áreas com a moradia em uma distância inferior a 3m da margem e quando os processos erosivos estão desgastando e/ou destruindo as proteções.

Nos processos de alagamento, inundação e enxurrada são avaliadas a partir das variáveis distanciamento das moradias em relação aos cursos d'água, a frequência

de ocorrência dos eventos, a altura das cheias e tempo de permanência das águas. Nos trabalhos de campo são identificadas as manchas de alagamento e inundação, com registros da altura nas residências e ruas, bem como são identificados problemas associados a drenagem pluvial e/ou esgotamento sanitário (Tabela 1).

Tabela 1 – Variáveis avaliadas nos trabalhos de campo para análise do perigo

<b>Área drenada até o ponto de análise</b>	
Distância das edificações em relação ao curso d'água	_____ metros
Frequência de eventos hidrológicos	_____
Características dos cursos d'água quanto à dimensão e à severidade dos processos de inundação/enxurrada	
Ordem da drenagem	_____ -
Altura da cheia	_____ -
Tempo de permanência	_____ -
Condições da rede pluvial/esgoto sanitário	Existe/ não existe rede Evidências de problemas (vazamento, entupimento, dimensionamento)

Fonte: Autores (2024)

A avaliação da vulnerabilidade representa a propensão dos elementos expostos, como seres humanos, seus meios de subsistência e ativos, em sofrer efeitos adversos quando impactados por um perigo ou ameaça. Utiliza-se uma proposta de integrar dados obtidos em análise espacial e observações de campo para determinar a capacidade desses elementos quanto a enfrentar o problema. Nesta avaliação, são considerados os processos de ocupação, densidade de moradias, densidade demográfica, bem como o padrão urbano, avaliados através do tamanho das moradias, grau de acabamento, tipo de material de construção, disponibilidade de infraestrutura urbana como rede de esgoto pluvial, esgoto cloacal, pavimentação das vias e coleta de resíduos sólidos. (Tabela 2).

Tabela 2 – Variáveis avaliadas para definição da vulnerabilidade

<b>Fator Exposição</b>		
Dados	Indicador de Vulnerabilidade	Fontes
ocupação	Ordenada	Imagens/campo
	Desordenada	
Densidade de Moradias	Número de domicílio/área do setor	Censo (recalcado para área em Perigo)
Densidade Demográfica	Número de pessoas na área de perigo/área do setor	Censo (recalcado para área em Perigo)
<b>Padrão Urbano</b>		
Dados	Indicador de vulnerabilidade	
Moradias		<50m2
	Tamanho das moradias	50-100
		>100
		Com acabamento
	Grau de acabamento	Acabamento precário
		Sem acabamento
		Alvenaria
	Tipo de material –resistência ao impacto das águas	Madeira
		Misto
		Material Reciclado
Infraestrutura urbana disponível	Estruturas de contenção (barreiras – degraus altos, tapãos, palafitas)	existência
		Não ocorrem
		Presente em todo setor
	Rede de Esgoto pluvial	Ausente em todo o setor
		Presente de rede
		Presente de rede
	Esgoto cloacal	Esgotamento individual
		Esgoto a céu aberto
		Pavimentada em todo setor
	Vias	Não pavimentada
	Resíduos sólidos	Com coleta
		Sem coleta

Fonte: Autores (2024)

Posteriormente aos trabalhos de campo, foram vetorizadas manualmente as residências das comunidades e, sobre estas, são definidas as residências afetadas pelos processos de alagamento, inundação, enxurradas e erosão de margens. Sobre essas também são definidos os perigos relacionados aos referidos processos e a vulnerabilidade.

Tabela 3 – Síntese de definição dos graus de risco

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

Fonte: Autores (2024)

O grau de risco é então definido pela matriz de relação entre o grau de perigo e vulnerabilidade.(Tabela 3)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O perigo hidrológico nas vilas Urlândia e Santos representam o resultado de processos hidrológicos de alagamentos e/ou inundações/enxurradas com potencial de causar danos sociais/econômicos e estruturais das moradias da comunidade.

#### 3.1 Alagamentos

Os alagamentos ocorrem em decorrência de intensas precipitações fazendo que a capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana seja extrapolada. Isso gera acúmulo de água em ruas, calçadas e até mesmo atingindo moradias.



Na área de estudo ocorrem três situações definidas como alagamentos: i) Alagamentos com influência do arroio Cancela; ii) Alagamentos com influência de um arroio canalizado; iii) Alagamentos na área da ocupação nova e no final da rua Eugênio Mussoi.

### 3.1.1 Alagamentos com influência do arroio Cancela

O arroio Cancela atinge a comunidade onde o canal faz uma curva. Nessa curva, quando em um momento de cheia, o arroio extravasa parte de suas águas pela margem direita, seguindo um trajeto que cruza um terreno particular sem ocupação por moradias até atingir as primeiras ruas da Vila Urlândia (Figura 02A). Essa área dissipa a energia do fluxo, mas influencia os alagamentos pelo excesso de água no pluvial nas ruas Agostinho Scolari; Frederico Ozanan; Rua F; São Carlos e Valdir C. Costa da vila Urlândia. Após, o canal segue de forma retilínea até sua foz no Cadena.

### 3.1.2 Alagamentos com influência de um arroio canalizado

Os alagamentos de ruas e moradias pode ser influenciado por um pequeno arroio com canalização fechada que escoar sob as construções (Figura 02B). Em momentos de intensa precipitação os dutos do pluvial que conduzem o arroio dissipam a energia interna exercida pela água através da saída pelos bueiros. Isso é mais evidenciado nas ruas Frederico Ozanan; São Carlos e Valdir C. Costa.

### 3.1.3 Alagamentos na área da ocupação nova e no final da rua Eugênio Mussoi

A rua Eugênio Mussoi é uma rua com declividade alta onde a água da precipitação adquire elevada velocidade, atingindo uma área baixa e plana do final da rua. O alagamento acontece porque é ultrapassada a capacidade do esgotamento pluvial. Causa problema nas ruas e nas moradias. Os moradores informam que o processo se acentuou após a obliteração de um canal que havia sido aberto pelos moradores a partir da travessa Eugênio Mussoi até a várzea do Cancela, próximo a sua foz. Observa-se a ocupação em 2019 conforme relato dos moradores e a situação de obliteração em 2024 (Figura 02C).

Figura 2 – Apresenta em (A) a área de estudo com indicação do arroio canalizado (linha pontilhada), (B) fotografia indicando onde ocorre o extravasamento do arroio Cancela favorecendo alagamentos, (C) fotografia de bueiro onde passa o arroio canalizado na rua São Carlos, (D e E) detalhe da área de estudo afetada pela água que desce da rua Eugenio Mussoi, com indicação do canal artificial de drenagem em 2019 (D) e 2024 (E)

(Continua...)





Figura 2 – Apresenta em (A) a área de estudo com indicação do arroio canalizado (linha pontilhada), (B) fotografia indicando onde ocorre o extravasamento do arroio Cancela favorecendo alagamentos, (C) fotografia de bueiro onde passa o arroio canalizado na rua São Carlos, (D e E) detalhe da área de estudo afetada pela água que desce da rua Eugenio Mussoi, com indicação do canal artificial de drenagem em 2019 (D) e 2024 (E)

(Conclusão...)



Fonte: Autores (2024)

### 3.2 Inundação/enxurrada

Figura 3 – (A) Confluência do arroio Cancela com o Arroio Cadena; (B) Antigo canal do Cancela e área de antigos barreiros



Fonte: Autores (2024)

As áreas de inundação ocorrem associadas a área próxima a foz do arroio Cancela que desemboca no Cadena. Nessa região ocorre um represamento do Cancela

devido a diminuição da vazão do Cadena pela ocorrência de curvas do canal, além de depósitos arenosos, de entulhos e de lixo (Figura 03 A).

O refluxo das águas do Cancela afeta muito fortemente as ocupações em áreas baixas localizadas na sua margem direita onde o transbordamento ocorre, relativamente, de modo gradual.

Áreas afetadas diretamente pelo Cancela ocorrem em alguns locais da comunidade, especialmente associadas ao antigo curso do arroio, modificado durante a retificação, mas que em eventos de cheia transborda causando danos (Figura 03 B).

As enxurradas ocorrem nas áreas mais a montante quando o represamento gera um aumento das águas que fluem pelo canal do Cancela, ocupando as áreas adjacentes ao canal. Além disso, deve-se considerar a ocorrência de barramentos no canal do Cancela, devido a dutos entupidos, árvores tombadas e entulhos lançados no leito o que amplia a possibilidade de transbordamento (Figura 04).

Figura 4 – Árvore caída (salseiro) em frente a ponte obstruindo a passagem da água no arroio Cancela, junto a rua São Carlos



Fonte: Autores (2024)

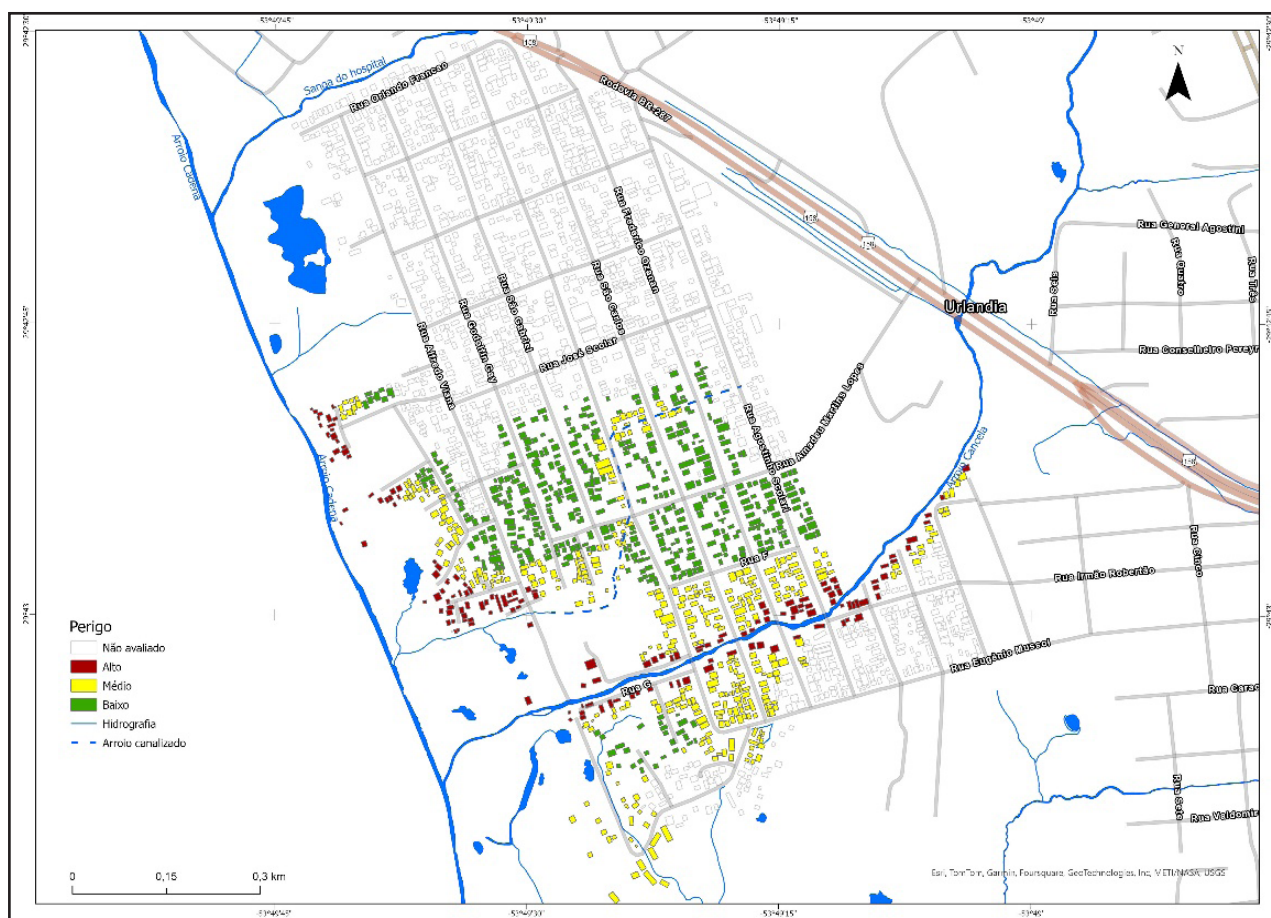


A definição e cartografia dos graus de perigo a processos hidrológicos está apresentado na Figura 5, onde o Perigo está dividido em três classes: alto, médio e baixo.

### 3.4 Processos Geológicos de Erosão de Margem e determinação do Perigo

O processo erosivo de margens é o que mais causa ameaça de comprometimento ou destruição de moradias e estruturas na comunidade. As erosões estão associadas a dois arroios afluentes do Cadena que cruzam a comunidade na porção mais ocidental ocorre o arroio Sanga do Hospital e na porção oriental o arroio Cancela. Nos dois casos os arroios drenam grande parte da área urbana de Santa Maria, que se adensou e continua se adensando, incrementando a impermeabilização da bacia hidrográfica. Além disso, existem trechos retinizados e canalizados que têm aumentado a vazão dos arroios e sua capacidade erosiva aprofundando o canal fluvial e alargando suas margens.

Figura 5 – Graus de perigo aos processos hidrológicos



Fonte: Autores (2024)

As margens encontram-se bastante modificadas com avanço de aterros utilizando material lançado, principalmente de material de construção e, em alguns casos, com muros de contenção de tipos dos mais variados. A modificação do canal desenvolvido por cada moradia tem como consequência diferentes formas de ação da erosão.

As moradias do arroio Sanga do Hospital são ocupações da época da abertura do loteamento. Os processos erosivos são importantes, mas as ações dos moradores com aterros constantes e incorporação de vegetação tem minimizado o problema que define o Perigo Médio para 10 moradias. O Perigo Alto foi definido para 13 moradias onde observa-se a ação da erosão por corrosão e solapamento da margem.

Figura 6 – (A) Mapa de Perigo de erosão de margem; (B, C) Fotografias de moradias com graus de perigo alto a erosão de margem

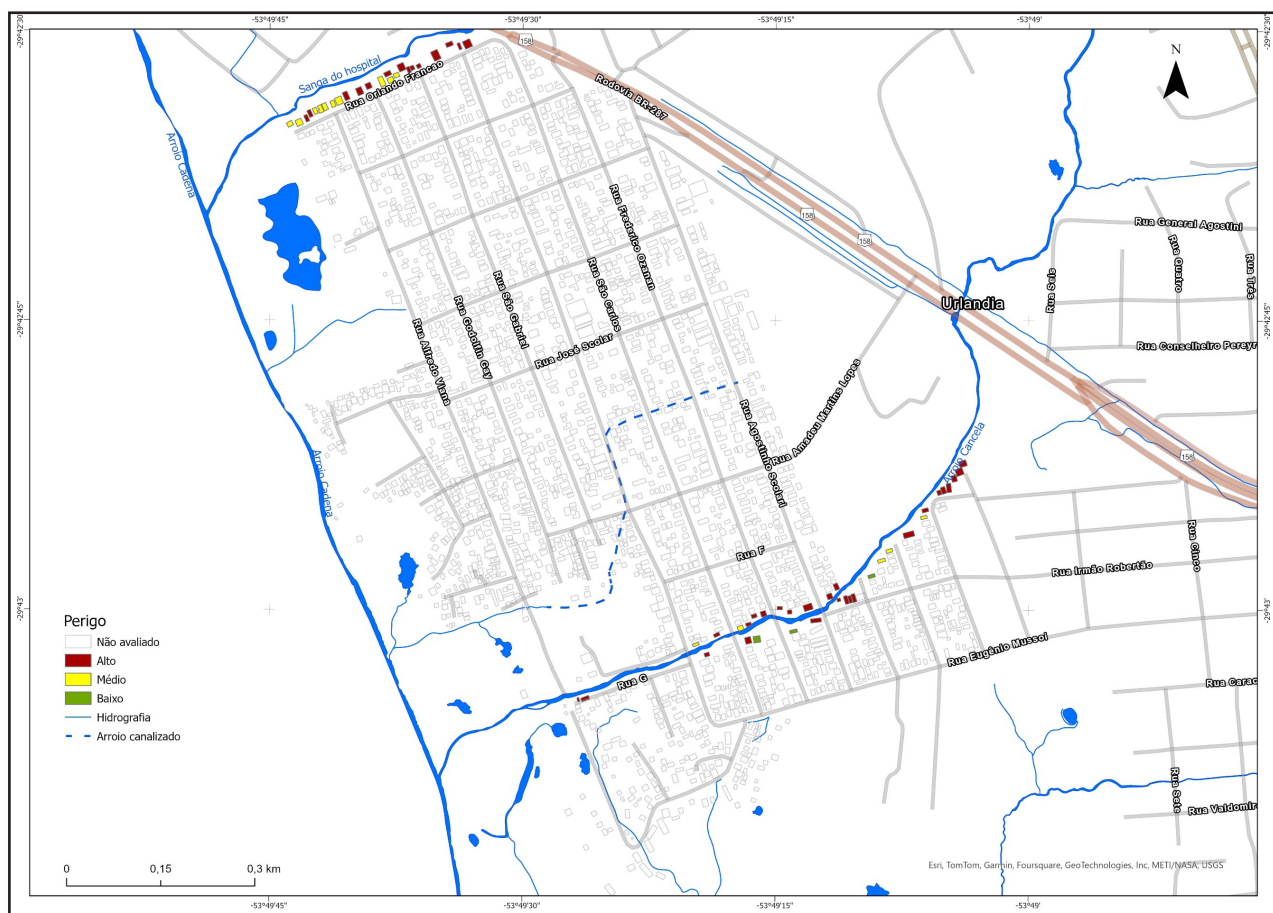


Figura 6 – (A) Mapa de Perigo de erosão de margem; (B, C) Fotografias de moradias com graus de perigo alto a erosão de margem

(Conclusão...)



Fonte: Autores (2024)

No arroio Cancela identificou-se 35 moradias em Perigo de erosão de margem (Figura 6A). Dessas 3 moradias estão definidas como de Perigo Baixo devido à distância ao redor de 10m do arroio, mas considerando que o processo de erosão tem possibilidade de avançar em direção a moradia. O Perigo Médio foi determinado para 5 moradias. O Perigo Alto foi definido para 27 moradias (Figura 06 B e C), com proteções deficientes e avanço do processo erosivo observado nas últimas chuvas.

### 3.6 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade consiste em uma variável multidimensional (Cutter, 2003) e complexa devido à incerteza para sua medição e classificação (Tate, 2012). Ademais, está intimamente ligada aos processos sociais que se desenvolvem e, frequentemente, possui relação com a fragilidade da população aos diversos perigos (Cardona, 2005). A sua avaliação combina diferentes dimensões de vulnerabilidade, bem como dados quantitativos com qualitativos (Vojinovic *et al.* 2014; Fernandez; Mourato e Moreira, 2016).

A Vila Urlândia, conforme estudos de Spode; Faria (2020) é uma comunidade com mais de 40% dos domicílios com renda inferior a 1 salário mínimo. Nessa área, em meados



dos anos 2020, ocorreu uma grande expansão com ocupação na sua porção mais sudeste, ao longo da travessa Eugênio Mussoi, Beco do Marquinho e a Rua da Olaria (Figura 07).

Figura 7 – Ocupação da área em 2019 (A) e 2024 (B)



Fonte: Autores (2024)

### 3.6.1 Definição da Vulnerabilidade das moradias em Perigo

A vulnerabilidade foi definida para as moradias com algum grau de Perigo a processos hidrológicos ou de erosão de margem (Figura 08). A vulnerabilidade baixa é definida por um conjunto de moradias que apresentam diferentes estilos de construção, mas predominam casas de alvenaria. Em sua maioria, dotadas de terreno amplo, algumas de dois pisos e com entrada para automóvel (Figura 08 A). Além disso, ocorre uma série de pequenos estabelecimentos de serviços e comércio distribuídos por várias de suas ruas. As áreas com vulnerabilidade média estão representadas por moradias de alvenaria com variável condição de acabamento, mas com deficiência de infraestrutura urbana com arruamentos ainda sem pavimento, em direção aos arroios Cadena e Cancela.

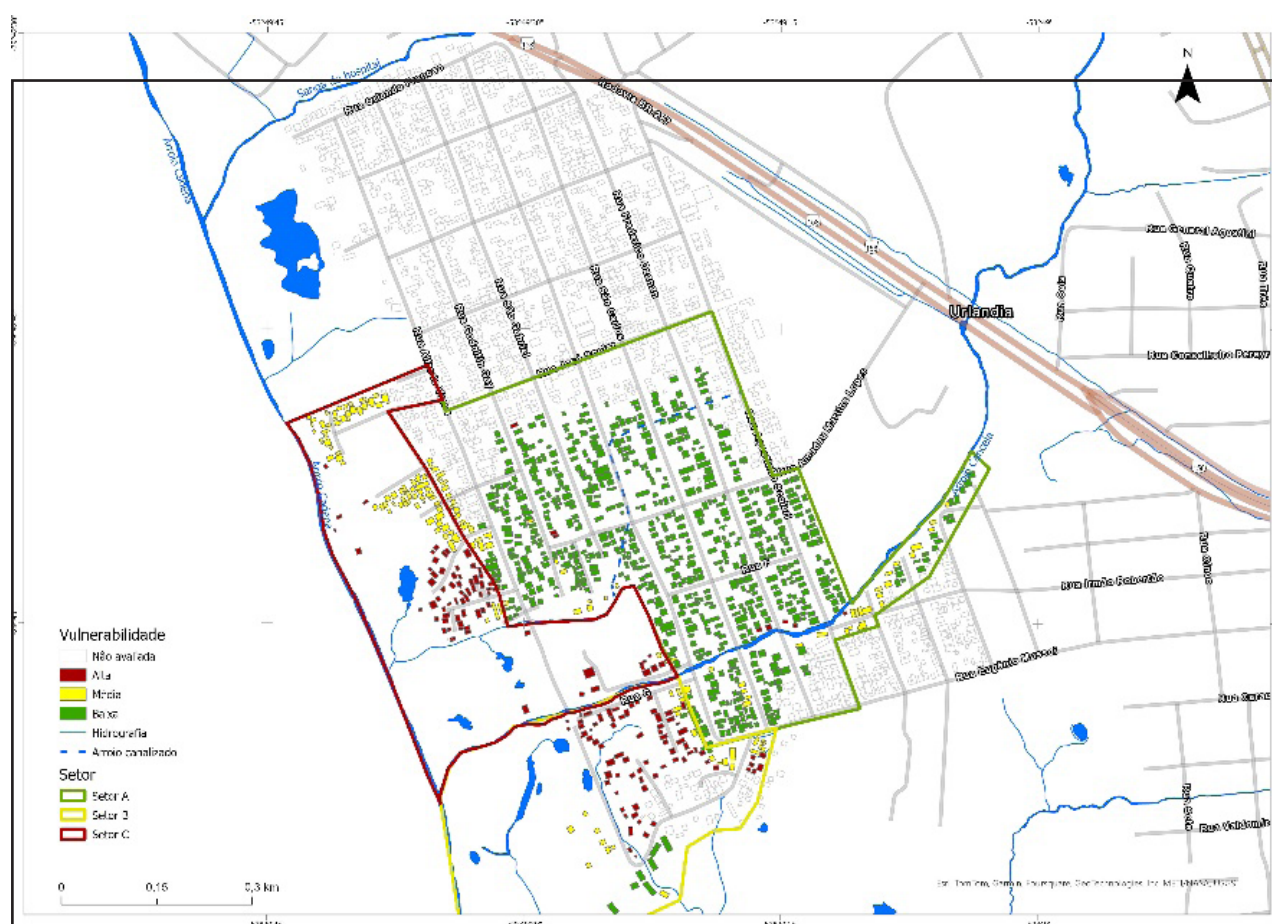
A vulnerabilidade alta está representada por áreas com ruas sem pavimento, destituídas de esgotamento pluvial (Figura 08 B). Existe rede d'água e elétrica, mas a iluminação pública é precária. Os terrenos são amplos, mas muito alagadiços. As casas são mistas, de madeira e menos comumente de alvenaria, sem acabamento. Nessa



área chama a atenção as moradias com estrutura elevada do chão. São palafitas, fixadas a um ou dois metros de altura, mantidas através de pilares de sustentação.

Para as moradias com Perigo de erosão e solapamento de margem de arroio considerou-se, também, se há ou não algum tipo de intervenção e qual é ele para a determinação da vulnerabilidade.

Figura 8 – Moradias com diferentes graus de vulnerabilidade. (A) vulnerabilidade baixa; (B) vulnerabilidade alta



Fonte: Autores (2024)

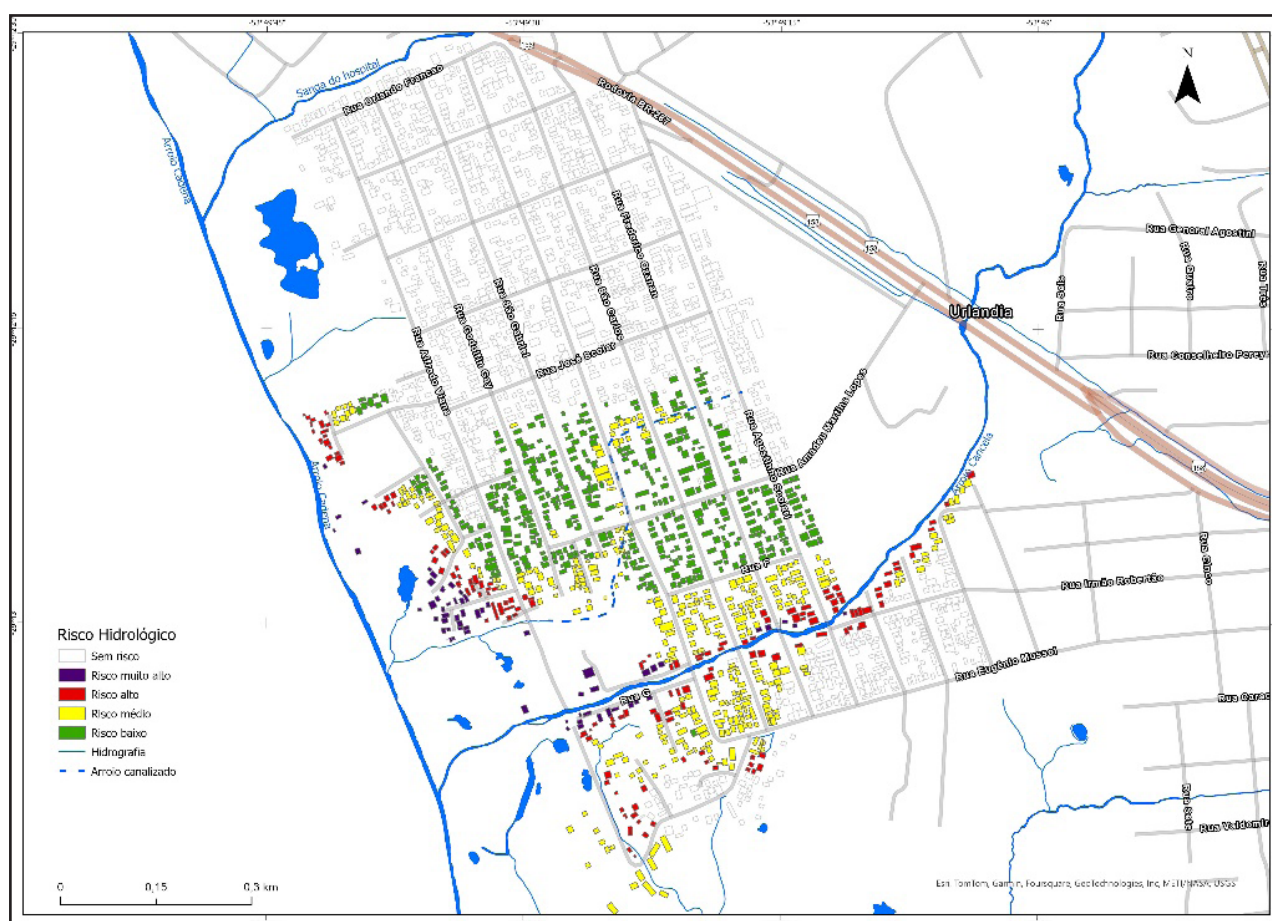
### 3.7 Análise de Risco

O conceito de risco é empregado para expressar a probabilidade de que um evento ocorra sobre uma população e seus ativos e provoque danos e prejuízos, ou seja, causando desastres. Nestes termos, o risco materializa-se na presença simultânea de um perigo e de uma vulnerabilidade.

#### 3.7.1 Risco a Processos Hidrológicos

A distribuição espacial do risco hidrológico na área de estudo (Figura 09) apresenta-se definidos como: baixo, médio, alto e muito alto.

Figura 9 – Riscos hidrológicos nas vilas Urlândia e Santos



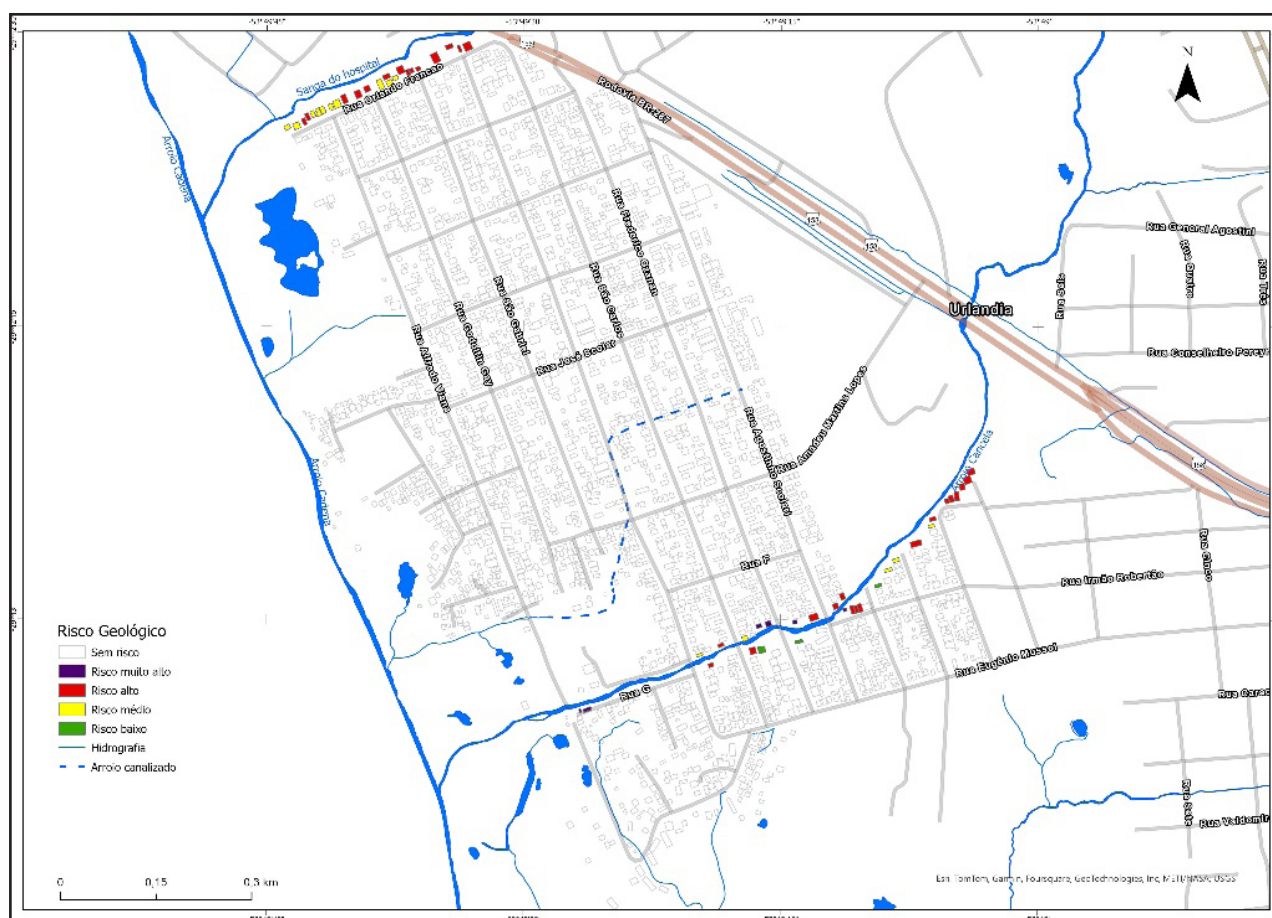
Fonte: Autores (2024)



### 3.7.2 Risco a Erosão de Margem

Na análise de risco o Risco Baixo foi definido para moradias mais distantes do arroio com baixa vulnerabilidade. Não existem moradias com risco baixo na margem do arroio Sanga do Hospital e 3 moradias são classificadas como risco baixo a erosão de margem no arroio Cancela. Risco Médio é definido para moradias com Perigo médio, mas com vulnerabilidade classificada como baixa ou média. Risco Alto ocorre em situações em que as moradias estão em situação de Perigo médio e vulnerabilidade alta ou para moradias com Perigo Alto em situações de vulnerabilidade baixa e média. O Risco alto predomina, sendo 14 moradias na margem do arroio Sanga do Hospital e 17 moradias nas margens do arroio Cancela. Risco Muito Alto é definido para situações em que as moradias apresentam alta vulnerabilidade e estão submetidas a Perigo Alto. Essa condição ocorre somente no arroio Cancela em 6 moradias (Figura 10).

Figura 10 – Distribuição espacial dos graus de risco a erosão de margem



Fonte: Autores (2024)

### 3.7.3 Setores com indicação das edificações de Risco Alto e Muito Alto

Nas condições de moradias de Risco Alto e Muito Alto foram definidos 4 setores distribuídos espacialmente em: Setor 1- Sanga do Hospital; Setor 2 – Arroio Cancela Montante; Setor 3 – Arroio Cancela Jusante; Arroio Cadena.

#### *Setor 1 – Arroio Sanga do Hospital*

Corresponde ao trecho que margeia o arroio Sanga do Hospital entre a BR 158 até a foz no arroio Cadena. Neste trecho encontram-se 13 moradias em grau de risco alto (Figura 11) associado a erosão de margem. Na Figura 12 estão apresentadas fotografias de situações de risco indicadas por F1 a F4 na imagem.

Figura 11 – Fotografia apresentando situações de Risco Alto para as moradias do Setor de Risco Sanga do Hospital. A letra F indica áreas que estão representadas por fotografias de detalhe



Fonte: Autores (2024)



Figura 12 – Fotografia aérea mostrando a ocupação junto ao arroio no segmento indicado por F1, F2, F3 e F4. Os terrenos avançaram no canal através de aterros com entulho de material de construção. A erosão da margem continua atuando como pode ser visualizado na F2. Depósitos de resíduos sólidos avançando sobre o canal, com processos erosivos (F3). Na F4 observa-se um muro tombado por erosão na base



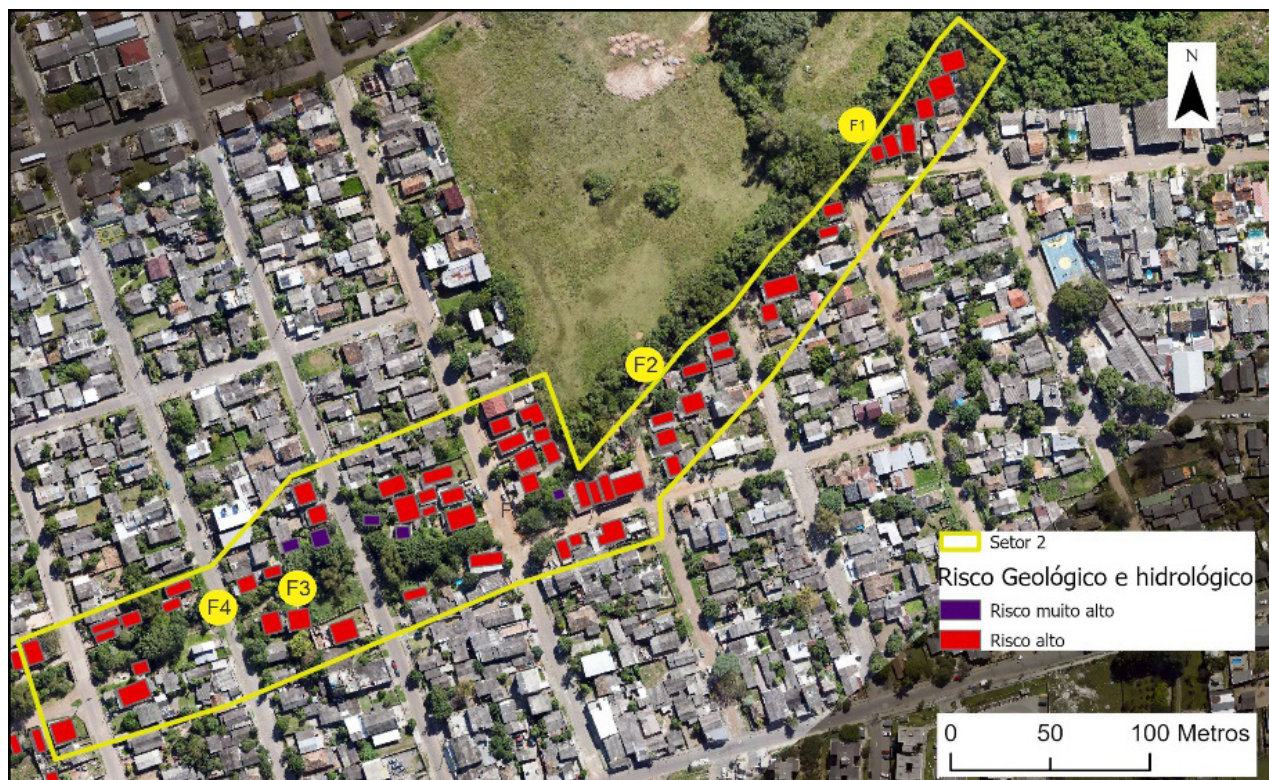
Fonte: Autores (2024)

### *Setor 2 – Arroio Cancela Montante*

Corresponde ao trecho do Arroio Cancela à montante da rua Valdir Costa. Neste trecho encontram-se 57 moradias em risco alto e muito alto (Figura 13). O processo de inundação/enxurrada afeta 52 moradias em situação de risco alto e 5 moradias com risco muito alto. No processo geológico de erosão e solapamento de margem ocorrem, ao todo 21 moradias, sendo 17 moradias em alto risco e 4 de risco muito alto. Na Figura 14 estão apresentadas fotografias de situações de risco indicadas por F1 a F4 na imagem.



Figura 13 – Fotografia apresentando situações de Risco Alto para as moradias do Setor de Risco Cancela Montante. A letra F indica áreas que estão representadas por fotografias de detalhe



Fonte: Autores (2024)

### *Setor 3 – Arroio Cancela Jusante*

Corresponde ao trecho do Arroio Cancela à jusante da rua Valdir Costa. Neste trecho encontra-se 62 moradias sendo que 43 moradias com risco alto de inundação e 19 residências com risco muito alto. Ocorre ainda 2 moradias com risco muito alto de erosão de margem (Figura 15). Na Figura 16 estão apresentadas fotografias de situações de risco indicadas por F1 a F3 na imagem.



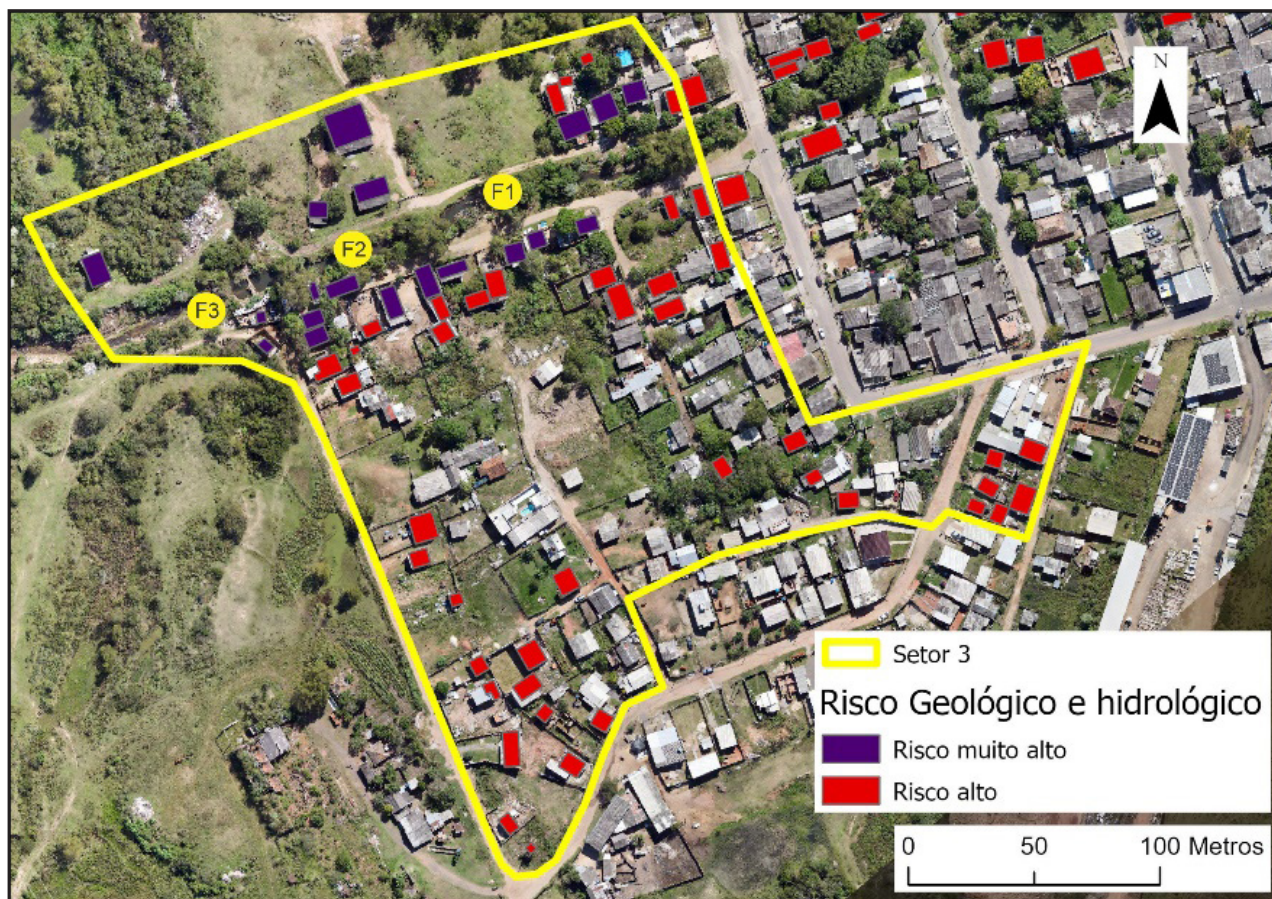
Figura 14 – Fotografia aérea mostrando a ocupação junto ao arroio no segmento indicado por F1 até F4. Erosão de base na margem esquerda aterrada com entulho e lixo gerando situação de risco de solapamento (F1). Erosão de margem avançando em direção as moradias (F2). Entulhos e lixo lançados no canal. Moradias de baixo padrão construtivo sujeitas a inundação na margem direita do arroio Cancela. Área de travessia de ponte com dutos que ampliam a erosão por turbilhamento devido ao assoreamento por sedimento, lixo e entulhos. Erosão de base na margem direita colocando em risco moradia (F3). Assoreamento e barramento por entulhos (F4)



Fonte: Autores (2024)



Figura 15 – Fotografia apresentando situações de Risco Alto para as moradias do Setor de Risco Cancela Jusante. A letra F indica áreas que estão representadas por fotografias de detalhe



Fonte: Autores (2024)



Figura 16 – Fotografia aérea mostrando a ocupação junto ao arroio no segmento indicado por F1, F2 e F3. Moradias muito suscetíveis a processos hidrológicos (F1). Em algumas situações a erosão de margem pode afetar moradias (F2). Presença de área de antigos barreiros (F3)



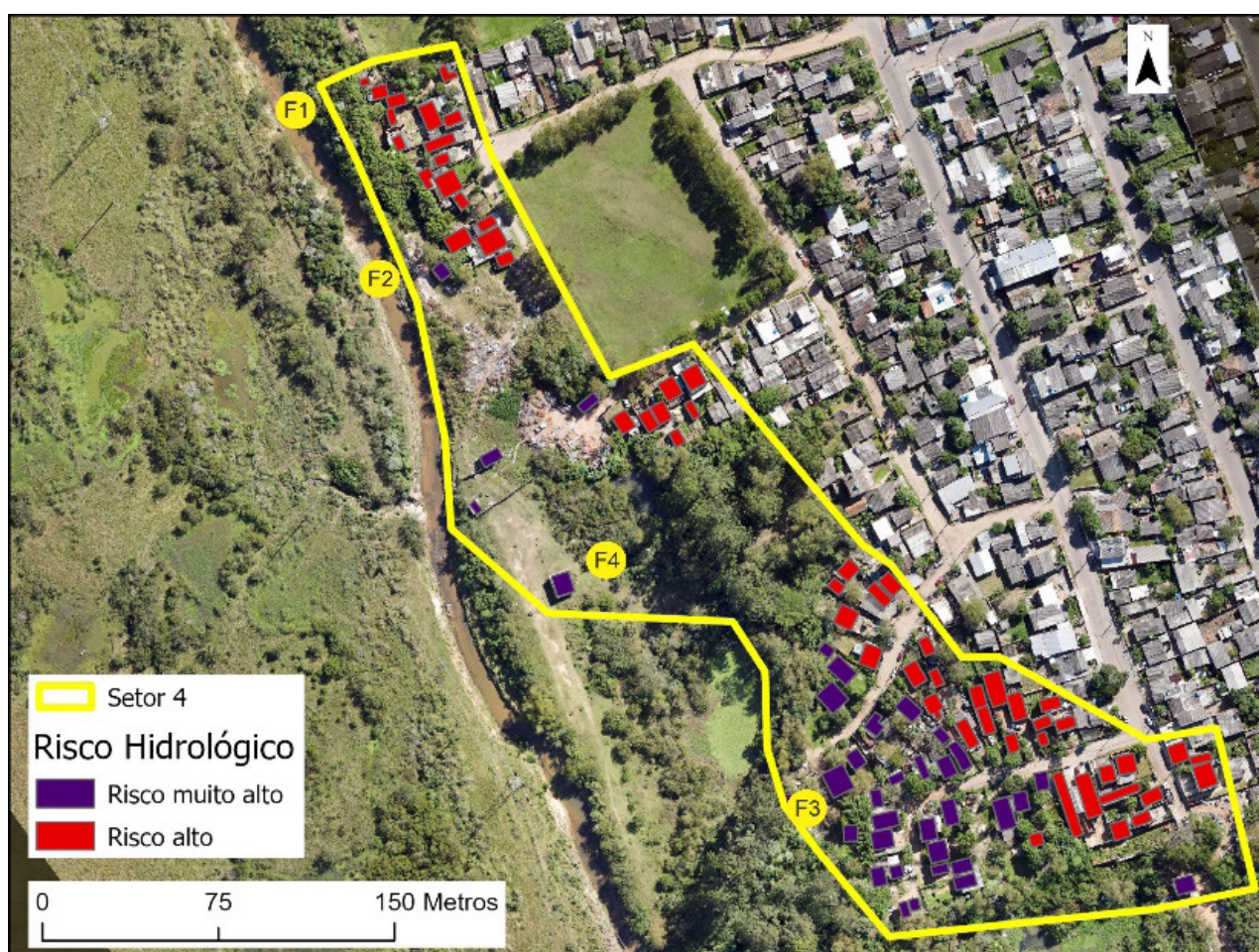
Fonte: Autores (2024)



### Setor 4 – Arroio Cadena

Corresponde ao trecho do Arroio Cadena. Neste trecho encontra-se 56 residências com risco alto de inundação e 36 residências com risco muito alto de inundação (Figura 17). Na Figura 18 estão apresentadas fotografias de situações de risco indicadas por F1 a F4 na imagem

Figura 17 – Fotografia apresentando situações de Risco Alto para as moradias do Setor de Risco Cadena. A letra F indica áreas que estão representadas por fotografias de detalhe



Fonte: Autores (2024)



Figura 18 – Fotografia aérea mostrando a ocupação junto ao arroio no segmento indicado por F1 e F2. Ocupação na margem esquerda do arroio Cadena. Áreas de ocupação mais antiga (F1) e de ocupação recente (F2). Fotografias aéreas mostrando banhado associado ao antigo curso do arroio (F3) e avanço da ocupação na margem esquerda do arroio Cadena através de aterros (F4)



Fonte: Autores (2024)

Os dados apresentados mostram que, na comunidade urbana trabalhada, os processos de risco são influenciados pelo arroio Cadena e seus afluentes Cancela e Sanga do Hospital. Os processos hidrológicos de alagamentos e inundações/enxurradas são predominantes, mas a possibilidade de destruição de moradias está mais associada ao processo geológico de erosão e solapamento de margens. Ao todo foram identificadas 211 moradias com risco alto e muito alto. Em risco alto a processos hidrológicos foram identificados 151 moradias e risco muito alto foram 24 moradias. Com relação a erosão de margem, 30 moradias foram identificadas com risco alto de serem afetadas e 6 moradias com risco muito alto.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estatuto da Cidade determina como uma das diretrizes da política urbana a ordenação e controle do uso do solo, de modo a evitar a exposição a riscos de desastres e torna obrigatória a elaboração do Plano Diretor para os Municípios. Como decorrência geral da exigência de planejamento para se evitar e reduzir riscos de desastres, todos os Planos Diretores deverão incorporar medidas nesse sentido. Além disso, deve se ter em conta que a Defesa Civil não deve entrar em cena apenas quando ocorre um desastre. Sua atuação é permanente, na política de proteção e defesa, na constante fiscalização das áreas sujeitas a riscos de desastres, no monitoramento de eventos adversos da natureza, na orientação da população.

O conhecimento das causas de processos superficiais, como movimentos de massa, erosão e inundações, que podem ter como consequência danos e perdas representa um dos mais importantes campos do conhecimento geográfico. Entender quais os mecanismos de desencadeamento, funcionamento, frequência e magnitude de um fenômeno é de fundamental importância para o direcionamento de medidas. Os estudos e mapas de zoneamento contribuem para o ordenamento do território, mitigação e prevenção dos impactos. Dessa forma, a universidade contribui com a sociedade na compreensão dos mecanismos dos processos e o desenvolvimento de diagnósticos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o CNPQ, FAPERGS e Ministério das Cidades pelo apoio financeiro e com bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, 47, p. 107-124, 2002.

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



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.

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.

CRISTO, S.S.V.; ROBAINA, L.E.S.; BERGER, M.G. Análise Ambiental da Bacia do Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS: Vila Urlândia. Publicado na Rev. **Ciência e Natura** (ISSN 0100-8307). Santa Maria, 22, 2000.

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.

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.

FERRARI, J. **Investigação da morfologia original e antropogênica do Arroio Cadena, Santa Maria-RS**. Dissertação. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018.

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.

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.

GONÇALVES C. D. Desastres Naturais. Algumas Considerações: Vulnerabilidade, Risco e Resiliência. **Territorium** 19, p. 5-14, 2012.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Imprensa Universitária, Santa Maria: UFSM, 1990. 22p

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.

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.

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.

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.

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, Lúdia e Urlândia. Publicado Geografia, Rio Claro, v. 33, n. 1, jan./abr. 2008.

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>

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.

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.

TATE, E. (2013). Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 103, 526-543.

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, 2015b, p. 11-23.

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.

## Contribuições de autoria

### 1 – Luís Eduardo de Souza Robaina

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Geologia  
<https://orcid.org/0000-0002-2390-6417> • [lesrobaina@yahoo.com.br](mailto:lesrobaina@yahoo.com.br)  
Contribuição: Conceituação, Metodologia, Investigação, Escrita – primeira redação.

### 2 – Romário Trentin (Autor Correspondente)

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Geografia  
<https://orcid.org/0000-0002-0615-2801> • [romario.trentin@gmail.com](mailto:romario.trentin@gmail.com)  
Contribuição: Conceituação, Metodologia, Investigação, Escrita – primeira redação, Visualização de dados (tabela, gráfico), Escrita – revisão e edição.

### **3 – Andrea Valli Nummer**

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Geologia  
<https://orcid.org/0000-0001-9271-442X> - • [a.nummer@gmail.com](mailto:a.nummer@gmail.com)  
Contribuição: Metodologia, Investigação, Escrita – primeira redação.

### **4 – Rinaldo Jose Barbosa Pinheiro**

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Engenharia Civil  
<https://orcid.org/0000-0003-1444-9493> • [rinaldo@ufsm.com](mailto:rinaldo@ufsm.com)  
Contribuição: Metodologia, Investigação, Análise Formal.

### **5 – Juliane dos Santos Pinto**

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Engenharia Civil  
<https://orcid.org/0000-0001-8061-4990> • [julianepintopinto@gmail.com](mailto:julianepintopinto@gmail.com)  
Contribuição: Metodologia, Investigação, Análise Formal.

### **6 – Antonio Von Ende Dotto**

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Geografia  
<https://orcid.org/0000-0002-3095-4679> • [dottovon@gmail.com](mailto:dottovon@gmail.com)  
Contribuição: Investigação, Análise Formal.

### **7 – Marco Antônio da Rosa Soares**

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Geografia  
<https://orcid.org/0000-0002-0468-0344> • [ma-arco@hotmail.com](mailto:ma-arco@hotmail.com)  
Contribuição: Investigação, Análise Formal.

### **8 – Maria Giovanna Torquato Faustino**

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Arquitetura  
<https://orcid.org/0009-0006-6844-3440> • [maria.torquato@acad.ufsm.br](mailto:maria.torquato@acad.ufsm.br)  
Contribuição: Investigação, Análise Formal.

## **Como citar este artigo**

ROBAINA, L. E. DE S. ., TRENTIN, R., NUMMER, A. V., PINHEIRO, R. J. B. ., PINTO, J. DOS S. ., DOTTO, A. V. E. ., SOARES, M. A. DA R. ., & FAUSTINO, M. G. T. Análise geográfica do risco a processos de dinâmica fluvial na Vila Urlândia, município de Santa Maria/RS. *Geografia Ensino & Pesquisa*, Santa Maria, v. 29, e88343, 2025. Disponível em: 10.5902/2236499488343. Acesso em: dia mês abreviado ano.