

ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO NAS COMUNIDADES URBANAS DA VILA SCHIRMER E KM3, CIDADE DE SANTA MARIA, RS

Romário Trentin

Doutor em Geografia - UFPR

Professor Titular da UFSM

E-mail: romario.trentin@gmail.com

Luís Eduardo de Souza Robaina

Doutor em Geociências - UFRGS

Professor/pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRGS e Professor Titular da UFSM

E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

Andrea Valli Nummer

Doutora em Engenharia Civil (Geotecnia) - UFRGS

Professora Titular da UFSM

E-mail: a.nummer@gmail.com

Rinaldo José Barbosa Pinheiro

Doutor em Geotecnia - UFRGS

Professor Titular da UFSM

E-mail: rinaldo@ufsm.br

RESUMO

Esse trabalho se desenvolve em duas comunidades urbanas da cidade de Santa Maria, RS que se desenvolveram ao longo da ferrovia e a jusante da barragem do DNOS, que serve para abastecimento da cidade. Os processos causadores de risco, conforme Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), são hidrológicos, alagamentos/inundações e processos geológicos de erosão de margem e de movimentos de massa. O processo que afeta o maior número de moradias nas comunidades está representado por processo hidrológico de alagamentos e/ou inundações/enxurradas que se diferenciam pelo potencial de causar danos sociais/econômicos e estruturais das moradias da comunidade. O Risco Alto e Muito Alto de serem atingidas com processo de inundação, com danos importantes, foi identificado para 41 moradias. Trabalhos de manutenção do fluxo do canal e correção das margens são necessários. Condições extremas que exigem ações de realocação. O processo erosivo de margens se apresenta como uma ameaça de comprometimento ou destruição de moradias e estruturas na comunidade. As erosões estão associadas ao canal do rio Vacacaí-mirim. Condições de risco Alto e Muito Alto ocorrem para 8 moradias. A área da comunidade estudada suscetível a movimentos de massa se associa a margem esquerda do rio Vacacaí-mirim, entre o rio e a encosta. As moradias se estabeleceram em uma área formada por depósitos colúvio-aluvionares do rio Vacacaí-mirim e na base de encosta localizado abaixo da BR 158. O Risco Alto e Muito Alto foi determinado para 6 moradias que se localizam ocupando a base da encosta. Os resultados podem ser utilizados como referência para a elaboração e atualização dos planos de contingência, na identificação e atualização das áreas de risco e para o desenvolvimento de planos de ação junto às comunidades.

19

PALAVRAS-CHAVE: Zoneamento; Vulnerabilidade; Perigo; Desastres

ZONING OF RISK AREAS IN THE URBAN COMMUNITIES OF VILA SCHIRMER AND KM3, CITY OF SANTA MARIA, RS

ABSTRACT

This work is developed in two urban communities in the city of Santa Maria, RS, which developed along the railway and downstream from the DNOS dam, which supplies the city. The processes that

cause risk, according to the Brazilian Disaster Classification and Coding (COBRADE, 2012), are hydrological, flooding/waterlogging and geological processes of riverbank erosion and mass movements. The process that affects the largest number of homes in the communities is represented by the hydrological process of flooding and/or inundations/downpours that differ in their potential to cause social/economic and structural damage to the community's homes. High and Very High Risk of being hit by flooding, with significant damage, was identified for 41 homes. Work to maintain the flow of the canal and correct the banks is necessary. Extreme conditions that require relocation actions. The erosion process of riverbanks poses a threat of compromising or destroying homes and structures in the community. Erosion is associated with the Vacacaí-Mirim river channel. High and Very High risk conditions occur for 8 homes. The area of the community studied that is susceptible to mass movements is associated with the left bank of the Vacacaí-Mirim river, between the river and the hillside. The homes were established in an area formed by colluvial-alluvial deposits of the Vacacaí-Mirim River and at the base of a slope located below BR 158. High and Very High Risk was determined for 6 homes that are located occupying the base of the slope. The results can be used as a reference for the preparation and updating of contingency plans, in the identification and updating of risk areas and for the development of action plans with communities.

KEYWORDS: Zoning; Vulnerability; Hazard; Disasters

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação nas cidades vem ocasionando intensas alterações espaciais ao longo dos anos, alterando a vida da população e ampliando a degradação dos ambientes (Foletto; Silva, 2013, Robaina; Oliveira, 2013). Os desastres naturais representam as consequências de um fenômeno natural de extrema intensidade que afeta um meio social, causando-lhes danos econômicos e humanos, quase sempre, de forma surpreendente, com consequências superiores à sua capacidade de defesa e convivência com os seus impactos resultantes (Goerl; Kobiyama, 2013, Marcelino; Nunes; Kobiyama, 2006). Portanto, estão fortemente associados à degradação de áreas frágeis e são intensificados pela ocupação irregular. Existe uma relação estreita entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e a crescente vulnerabilidade humana (Herrmann, 2006, Santos, 2007, IPCC, 2014, Dalinghaus *et al.*, 2018, Brito *et al.*, 2016, Santos *et al.* 2022, IPCC, 2022). Diferentes autores se referem a um processo social de construção do risco (Macías, 1992, Nunes, 2015, Oliver-Smith, 1996, Mattedi; Butzke, 2001), sendo este processo materializado espacialmente através da produção do espaço urbano.

A omissão do poder público na efetivação das políticas de conservação contribui para que a ocupação ocorra em áreas inadequadas (Foletto; Silva, 2013). A sobreposição de intervenções sem planejamento torna a situação ainda mais complexa (Fernandes; Amaral, 2012, Nunes, 2015). Para agravar, a velocidade da ocupação urbana, muitas vezes de forma irregular, é significativamente maior que a implementação de ações de contenção (Robaina, 2013).

Robaina e Oliveira (2013) discutem ainda que, pesquisadores devem contribuir para a compreensão dos desastres naturais através do monitoramento e diagnóstico e estas informações devem ser repassadas à sociedade, com o intuito de dar subsídios ao desenvolvimento de medidas mitigadoras dos problemas. O desafio hoje é congregar esforços de toda a sociedade, em particular da Universidade, para apoiar os municípios para o desenvolvimento de políticas bem-sucedidas e auxiliá-los a implantar estruturas permanentes de prevenção de riscos.

Esse trabalho se desenvolve em duas comunidades urbanas da cidade de Santa Maria, RS. As comunidades urbanas da Vila Schirmer e Km3 que tem como propulsor da ocupação o uso ferroviário na cidade de Santa Maria. Em relação ao uso ferroviário, em Santa Maria, no ano de 1885 foi inaugurada a primeira linha férrea da cidade, a chamada Estrada de Ferro Porto Alegre-Uruguaiana, com Santa Maria sendo o entroncamento principal. A ferrovia, a partir desse período, dinamizou os usos do território na cidade de Santa Maria, e foi determinante no desenvolvimento e na produção do território urbano da cidade (Faccin, 2014).

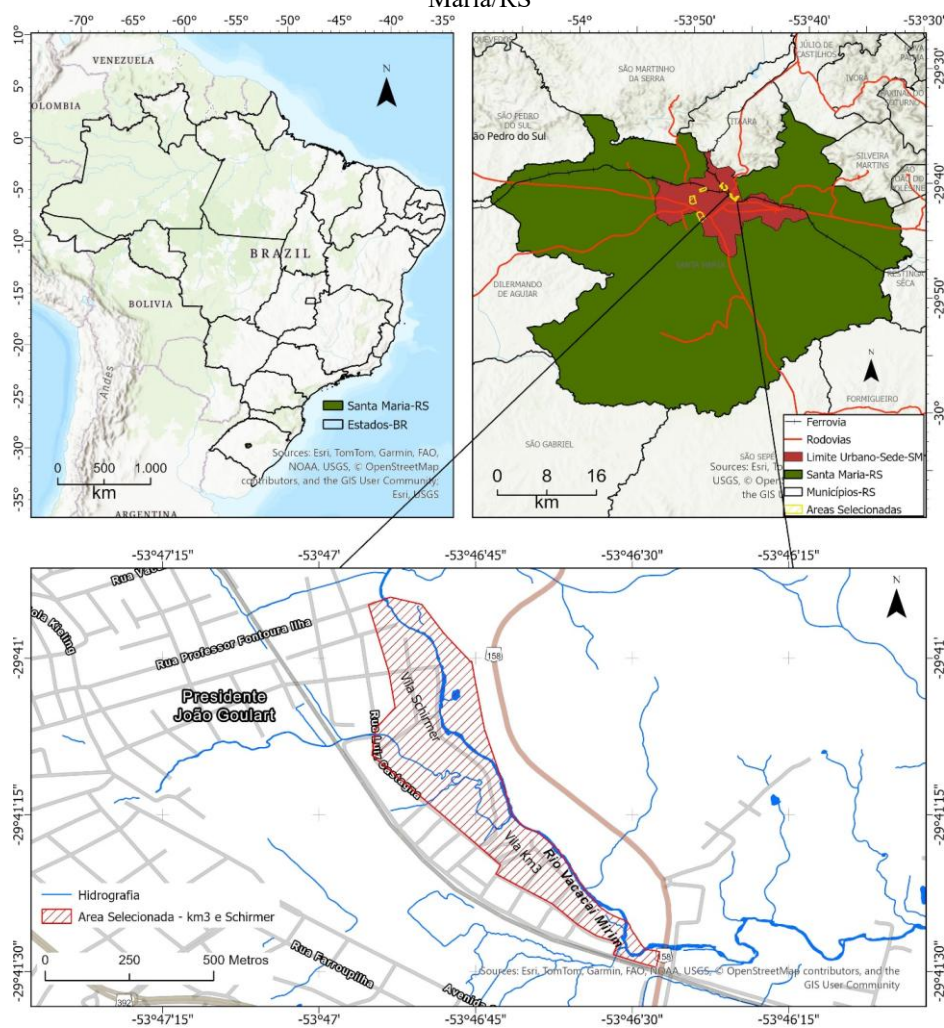
O traçado da estrada de ferro em Santa Maria, foi paralelo as áreas de Rebordo da Serra Geral, que circundam a porção Norte da cidade, e atuaram como vetores da expansão urbana da cidade no sentido Leste-Oeste (Bolfe, 1997, Salamoni, 2008, Degrandi, 2012). Entretanto, em meados da década de 1950 as ferrovias perdem importância como principal modal de transporte de mercadorias e passageiros no país (Degrandi, 2012, p. 124). Muitas dessas linhas abandonadas, ao longo do tempo, foram sendo ocupadas por construções de moradias precárias, em situação irregular. É possível observar que os trilhos do trem, embora ainda com grande funcionamento nas décadas de 1960 e 1970, já demonstrava uma nova função, ligada à pobreza urbana e as populações privadas de moradia. Conforme Prado (2010) grande parte das ocupações irregulares formaram-se, sobretudo, nos entornos da linha férrea, tendo destaque os bairros Salgado Filho, Chácara das Flores, Itararé, Vila Schirmer e Km 3.

As comunidades estudadas fazem parte do setor Administrativo Nordeste da cidade, no Bairro João Gulart, a jusante da barragem do DNOS. Após a construção da barragem ocorreu uma grande diminuição da vazão do rio Vacacaí-mirim a jusante desta, retraindo consideravelmente a área inundável, o que favoreceu a expansão da ocupação na área. As comunidades seguem o eixo da linha férrea Santa Maria - Porto Alegre, entre os trilhos e o rio Vacacaí-Mirim, até a Rodovia BR-158 (Figura 1).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

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 serviram 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.

Figura 1 - Localização das vilas Km3 e Schirmer, junto ao bairro Presidente João Goulart no município de Santa Maria/RS



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

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, bem como de fotografias oblíquas de baixa altitude tomadas com uso de drone.

As variáveis utilizadas para definir o perigo e para determinação da vulnerabilidade dos elementos expostos, quando impactados por um perigo, estão apresentados no Quadro 1.

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 2).

Quadro 1 – Variáveis utilizadas nas análises para determinação do grau de perigo e de vulnerabilidade

Perigo	Processos de encosta	Altura da encosta
		Inclinação
		Tipo de encosta (natural rochoso; colúvio; corte, aterro)
		Evidências de movimentos
		Ocorrência de blocos expostos
		Presença de água (surgência; água servida; vazamentos)
		Distância das moradias
	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)	

Elaboração: os autores

Quadro 2 – Condições de perigo e vulnerabilidade que definem os 4 graus de risco

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

Elaboração: os autores

RESULTADOS

Os resultados apresentam uma análise dos processos de ocupação das comunidades estudadas, avalia as principais características do ambiente e determina o zoneamento de Perigo, Vulnerabilidade e Risco.

Ocupação nas comunidades

As ocupações na Vila Schirmer ocorreram desde a década de 1980 e foram incrementadas, significativamente, a partir dos anos 2000. Em 2004 a margem direita do rio Vacacaí-mirim já estava ocupada e adensada. Na margem esquerda a ocupação é limitada em uma porção convexa, na base da encosta, que é cortada, acima, pela BR-158. Representa uma pequena área plana com depósitos aluvio-coluvionar. Nessa área, em 2004, já ocorriam algumas construções e dez anos depois observa-se um adensamento da ocupação em ambas as margens. Além disso, na margem direita ocorre um avanço da ocupação para Sul. A partir de 2019 se adensou a ocupação da margem direita (Figura 2).

Figura 2 - Registros da ocupação na Vila Schirmer: 2004(A) 2014(B) e 2024 (C).



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

A comunidade Km3 inicia a ocupação entre os trilhos e na margem direita do rio Vacacaí-mirim, a partir do ano 2000. Em 2004 a ocupação era pouco adensada e afastada do rio. Na área de influência de um afluente do rio Vacacaí-mirim não existiam construções. Em 2011 observa-se um adensamento e o avanço da ocupação em direção às drenagens. Em 2017 é aberta uma via entre o rio Vacacaí-mirim e a comunidade. Em 2019 são observadas ocupações após a via junto a margem que no evento de abril/maio de 2024 foram destruídas (Figura 3).

Figura 3 - Registros da ocupação na vila Km3: 2004(A); 2011(B); 2017 (C); 2019 (D).

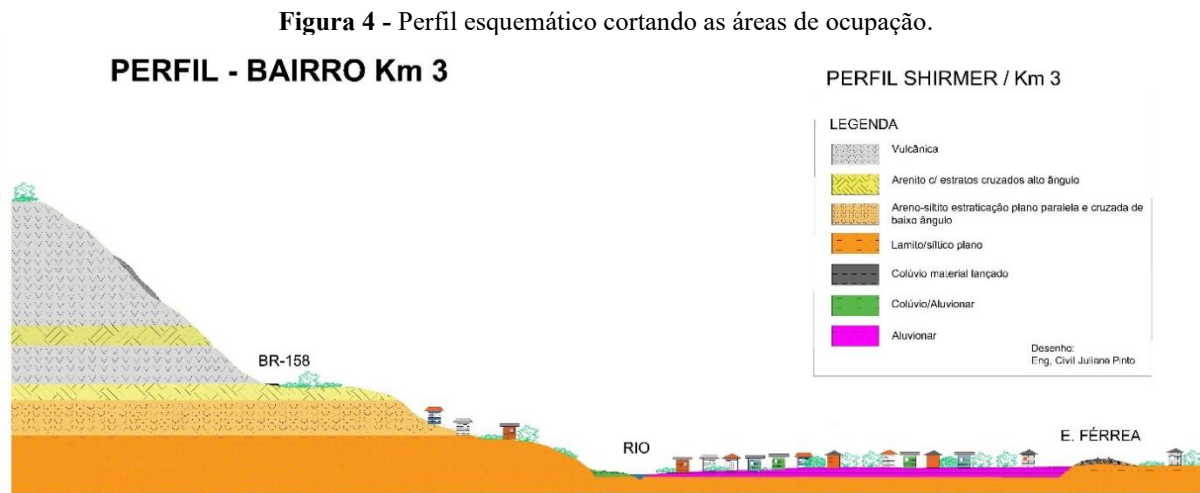


Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Caracterização da área de estudo

Geomorfologicamente a região onde o bairro está inserido corresponde à zona de transição entre a Depressão Central Gaúcha e o Planalto das Missões (IBGE, 1986) composto de rochas sedimentares compostas por arenitos e lamitos da Formação Santa Maria na base,

passando para siltito argiloso vermelho e arenitos de cor rosa-avermelhado de granulometria média a fina da Formação Caturrita (Faccini, 1989) e a partir da porção média da encosta por arenitos da Formação Botucatu e vulcânicas da Formação Serra Geral (Scherer; Faccini; Lavina, 2000). A ocupação ocorre, principalmente, na margem direita em depósitos aluviais do rio Vacacaí-mirim. A pequena área ocupada na margem esquerda ocorre na sua base da encosta e sobre depósitos colúvio-aluvionares. A Figura 4 apresenta um perfil esquemático da área ocupada pelas comunidades.



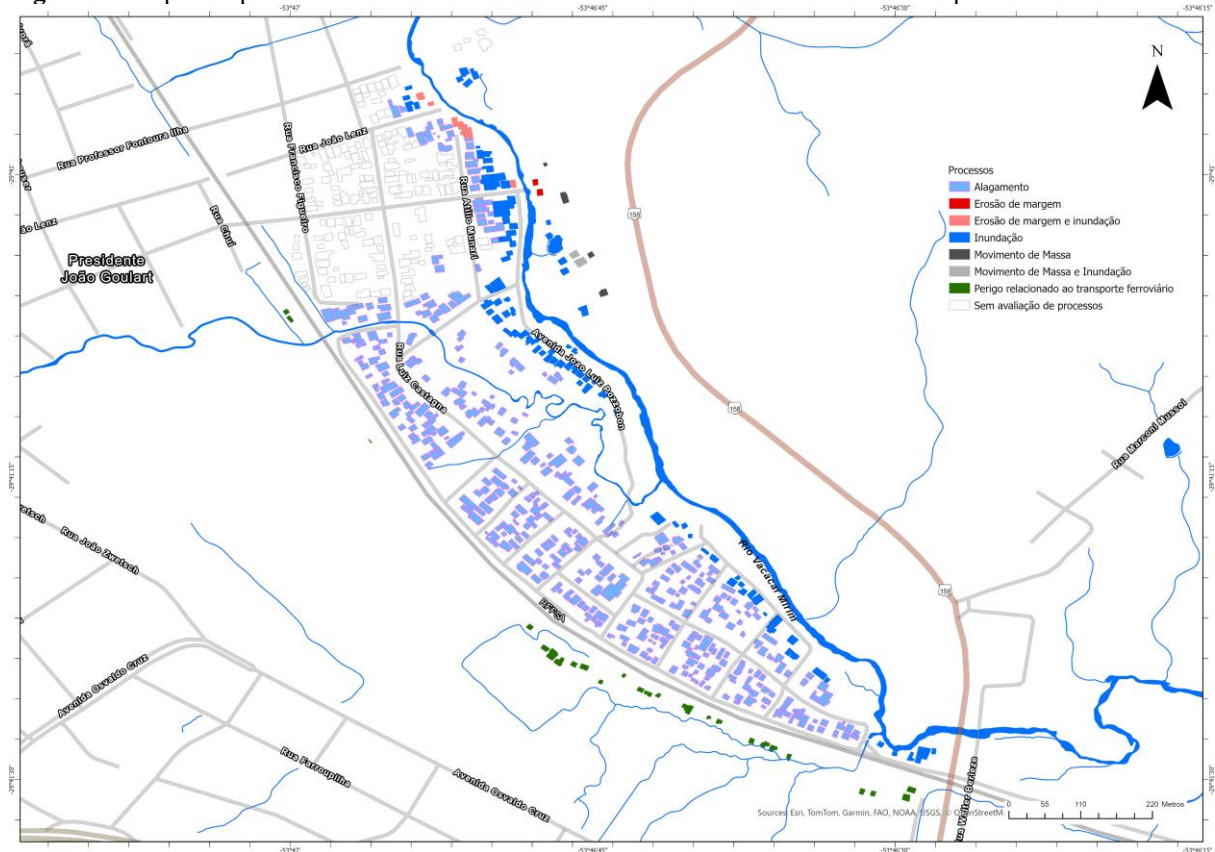
Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Segundo a carta geotécnica de Santa Maria (Maciel Filho, 1990) as áreas estão inseridas em porções desfavoráveis e não adequadas a ocupação urbana. No trabalho de Cardias (2016) foram identificadas 44 moradias em perigo na área da Vila Schirmer.

Processos causadores de risco a Desastres nas comunidades em estudo

Os processos causadores de risco, conforme Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), são hidrológicos, associados a alagamentos/inundações, processo geológicos de erosão de margem e geológico de movimentos de massa (Figura 5).

Figura 5 - Mapa dos processos causadores de risco nas vilas Schirmer e Km3 do Bairro presidente João Goulart.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Processos Hidrológicos

O processo que afeta o maior número de moradias nas comunidades da Vila Schirmer e na Vila Km3 está representado por processo hidrológico de alagamentos e/ou inundações/enxurradas que se diferenciam pelo potencial de causar danos sociais/econômicos e estruturais das moradias da comunidade.

Os alagamentos ocorrem durante intensas precipitações que extrapolam a capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana (Figura 6). Isso ocorre devido aos vários problemas observados na implementação do sistema de esgotamento pluvial como dutos sem ligações e/ou declividades inadequadas que geram represamentos. Além disso, o fato de as ruas não serem pavimentadas causa a obstrução de vários dutos pluviais. Isso gera acúmulo de água em ruas, calçadas e até mesmo atingindo moradias.

Figura 6 - Situação de terrenos próximos a canais secundários com alagamentos na vila Km3.



Fontes: os autores, 2024.

O Processo hidrológico de inundação/enxurrada se associa diretamente ao canal do rio principal, o Vacacaí-mirim. Nessas condições o processo tem potencial de causar danos estruturais as moradias, como aconteceu no último evento de 2024, quando moradias foram destruídas pela força das águas (Figura 7).

Figura 7 - Áreas atingidas por inundação no evento de 2024, vila Km3.



Fontes: os autores, 2024.

Processos Geológicos de Erosão de Margem

O processo erosivo de margens se apresenta como uma ameaça de comprometimento ou destruição de moradias e estruturas na comunidade. As erosões estão associadas ao canal do rio Vacacaí-mirim. O recuo linear das margens se dá pela ação hidráulica sobre as margens pela ação das correntes fluviais e por forças de origem externa, como a precipitação em margens desprotegidas, que

arrastam o material constituinte (Figura 8). Na margem direita estão suscetíveis 07 moradias e na margem esquerda 02 moradias.

Figura 8 - Processo de erosão de margem do rio Vacacaí Mirim, próximo de moradia.



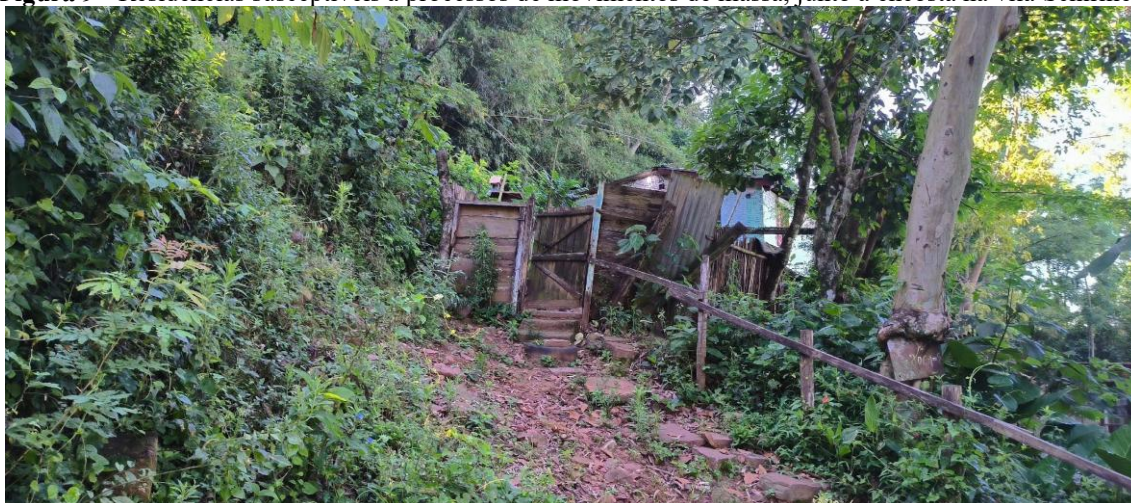
Fontes: os autores, 2024.

Processos Geológicos de Movimentos de Massa

A área da comunidade estudada, suscetível a movimentos de massa, se associa a margem esquerda do rio Vacacaí-mirim, entre o rio e a encosta. As moradias se estabeleceram em uma área formada por depósitos colúvio-aluvionares do rio Vacacaí-mirim e na base de encosta localizado abaixo da BR 158. O substrato litológico é formado por rochas sedimentares areno-siltosas da Formação Caturrita que passa em direção ao topo da encosta para rochas areníticas da Formação Botucatu, intercalado com Vulcânicas da Formação Serra Geral. A cobertura da encosta é formada por depósitos coluvionares com espessura variada e com muitos blocos de diferentes tamanhos imersos. Além disso, uma parte do material que compõem a encosta está associado ao que foi lançado quando da construção da rodovia.

Os processos se associam a escorregamentos localizados de solo/rocha e por descalçamento e rolamento de blocos. A encosta se apresenta com uma significativa presença vegetal compondo os três estratos arbóreos, que favorece uma certa estabilidade. A rodovia acima age drenando a água das partes superiores, diminuindo o volume de água que afeta a encosta. Entretanto, o avanço de construções tem influenciado, com cortes, a instabilidade de porções da encosta que podem favorecer o desenvolvimento dos processos. Observa-se pequenos movimentos com queda de vegetação e descalçamento de blocos de rocha, que ocorreram após o evento chuvoso de 2024, mas não houve danos as moradias. Foram identificadas 06 moradias suscetíveis a esse processo (Figura 9).

Figura 9 - Residências susceptíveis a processos de movimentos de massa, junto a encosta na vila Schirmer.



Fontes: os autores, 2024.

Análise do Perigo

O perigo representa o resultado de um evento adverso com potencial de causar danos (sociais, econômicos, estruturais, ambientais, entre outros) a um determinado ativo. (Castro, 1998, Castro, 2003, Marandola Jr.; Hogan, 2004, UNISDR, 2009, Olímpio; Zanella, 2017, Veyret; Richemond, 2007).

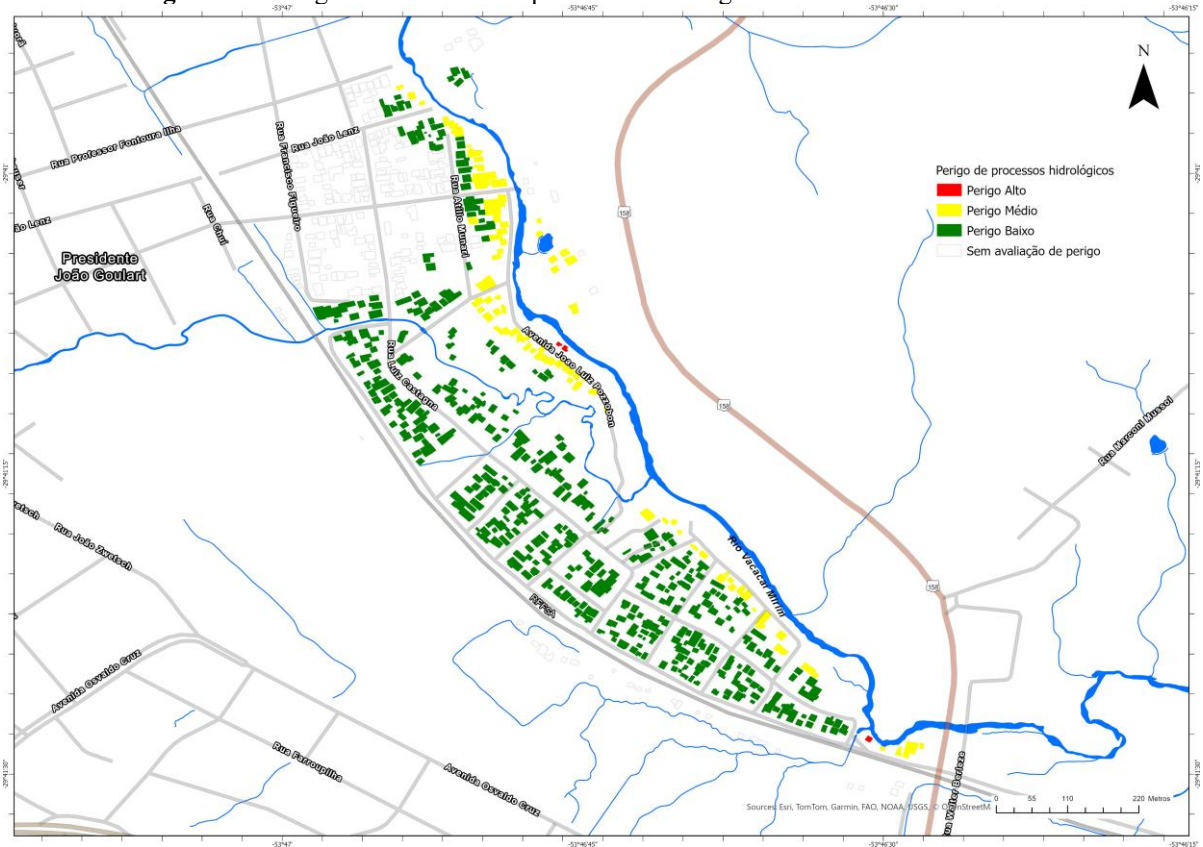
30

Perigo a Processos Hidrológicos

O perigo nas comunidades da Vila Schirmer e na Vila Km3 representa, em sua grande parte, o resultado de processo hidrológico. A Figura 10 apresenta a espacialização do perigo relacionado aos processos hidrológicos nas vilas Schirmer e Km3.

Perigo baixo – situações de alagamentos em que a rua é afetada e, em alguns casos, podem afetar as moradias em áreas mais rebaixadas. Representam processo de menor potencial de danos. O processo ocorre em amplas áreas da comunidade, afetando 436 moradias, associado a deficiência do esgotamento pluvial e área alagadiças com terrenos que não foram aterrados ou com menor quantidade de aterro Figura 11.

Figura 10 - Perigo relacionados aos processos hidrológicos nas vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Figura 11 - Ruas sem pavimentação com pouca manutenção e problemas de drenagem pluvial geram alagamentos na vila Km3.



Fontes: os autores, 2024.

Perigo médio – processos de inundação/enxurrada, associados ao rio Vacacaí-mirim, onde os danos afetam as ruas com maior potencial de causar danos nas moradias. Essa foi uma área muito afetada pelo evento de 2024, mas com as intervenções da Prefeitura diminuíram a possibilidade de ocorrência dos processos e por isso o Perigo. Nessa condição foram identificadas 93 moradias (Figura 12).

Figura 12 - Residências em situação de perigo médio de inundação associado ao Rio Vacacaí Mirim na Vila Km3.



Fontes: os autores, 2024.

Perigo alto – processos de inundação/enxurrada causados pelo extravasamento do rio Vacacaí-mirim afetando moradias construídas a menos de 10m da margem do rio com possibilidade de danos estruturais pela ação direta da água do rio. Essa condição ocorre em três moradias que permaneceram junto as margens na Vila Km3 (Figura 13).

Figura 13 - Residências muito próximas a margem do Rio Vacacaí Mirim em situação de alto risco de inundação na Vila Km3.

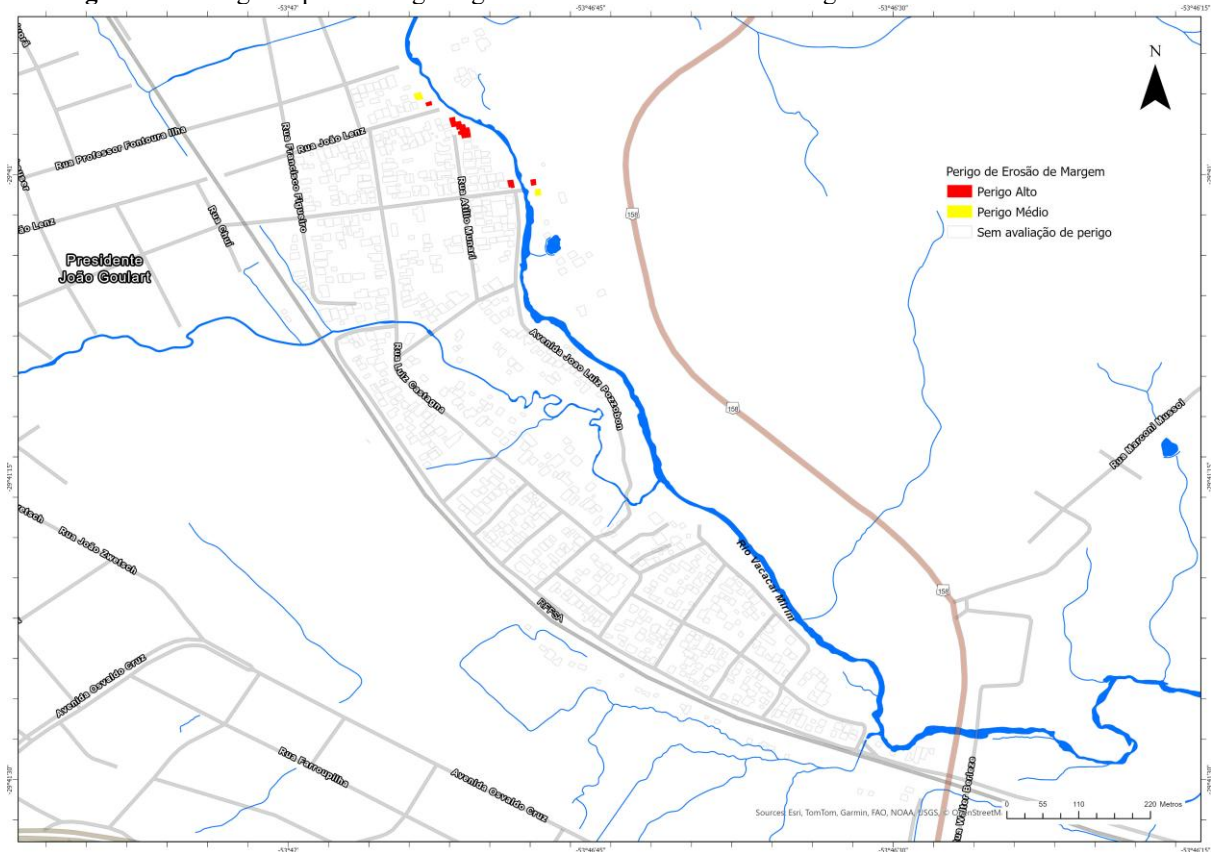


Fontes: os autores, 2024.

Perigo a Processos geológicos de Erosão de Margem

A análise do perigo de erosão de margem ocorre pela proximidade da moradia da margem do rio Vacacaí-mirim e a ocorrência de evidências de atuação do processo. Definiu-se Perigo médio para as situações em que as moradias encontram-se ao redor de 10m da margem erosiva. A Figura 14 apresenta o mapa com a distribuição espacial do perigo de processos geológicos associados a erosão de margem nas vilas Schirmer e Km3.

Figura 14 - Perigo de processos geológicos associados à erosão de margem nas vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

O Perigo alto ficou estabelecido para moradias com distância inferior a 5m da margem e com evidências da ação da erosão que pode afetar a moradia. Na margem direita foram identificadas 6 moradias nas margens côncavas com evidências de erosão pelo recuo da margem, podendo causar danos. Somente uma moradia, com Perigo médio, pela construção estar mais distante da margem. Não foram realizadas intervenções para estabilização da margem. Enquanto, na margem esquerda uma moradia foi identificada como Risco médio pela distância da construção, apesar da margem mostrar evidência de erosão no último evento. Outra moradia que se encontra em Perigo alto, nessa margem, apresenta o descalçamento do poste elétrico junto a moradia, devido a erosão e solapamento (Figura 15).

Figura 15 - Residência com processo de erosão de margem na vila Schirmer.



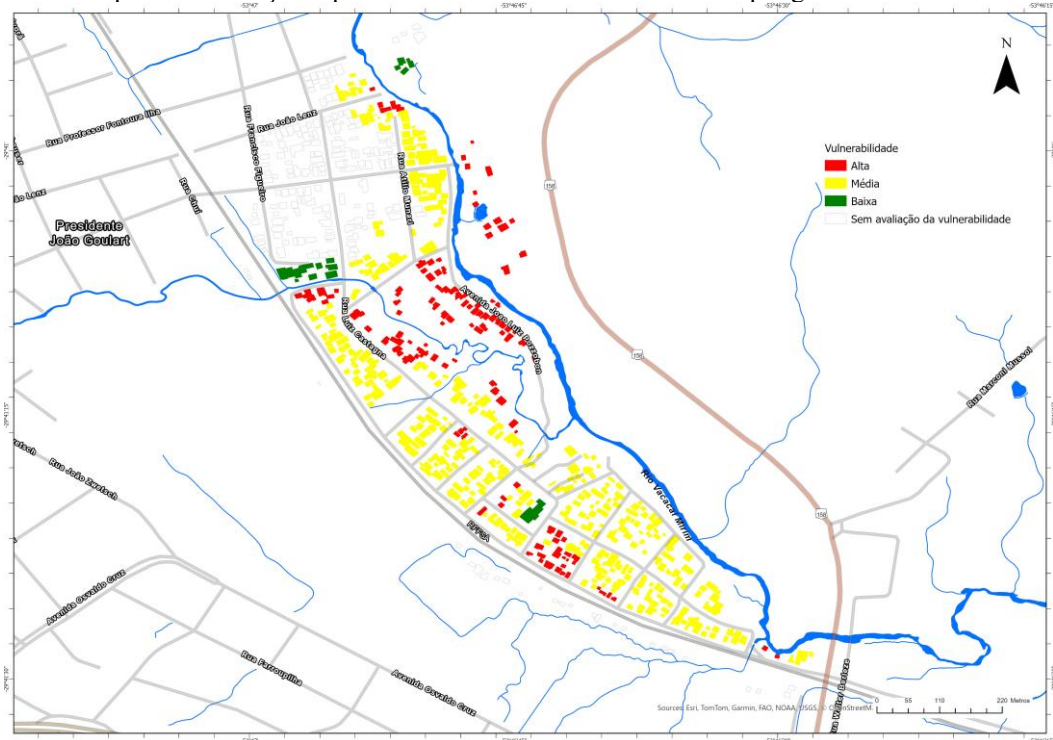
Fontes: os autores, 2024.

Perigo a Processos Geológicos de Movimento de Massa

O zoneamento do Perigo se baseou na proximidade da construção da encosta, modificações da encosta devido a ocupação e evidências de alguma movimentação no último evento. A Figura 16 apresenta a distribuição espacial do perigo dos processos geológicos associados aos movimentos de massa na Vila Schirmer.

Essa condição foi identificada para 04 moradias indicadas como Perigo Alto. O Perigo Médio foi determinado para 02 moradias, mais afastadas da base da encosta, mas suscetíveis a serem afetadas para um evento mais amplo. A vegetação presente é importante para estruturação do solo através do sistema radicular, retenção e dissipação da energia do material deslocado.

Figura 17 - Mapa da distribuição espacial da vulnerabilidade das áreas em perigo nas Vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Na comunidade da Vila Schirmer as moradias são contempladas com vias calçadas e esgotamento pluvial. Somente nas áreas mais próximas ao rio Vacacaí ocorrem problemas nas vias e de esgotamento. Na margem esquerda ocorre uma ocupação rururbana. Ainda na margem esquerda, existem moradias ocupando os depósitos colúvio-aluvionares na base da encosta. Essas moradias têm padrão construtivo, predominantemente, médio, mas sem infraestrutura de vias e esgotamento. O acesso é feito por pontilhões que cruzam o Vacacaí-mirim realizados pelos moradores. Entre as comunidades, ao sul da Vila Schirmer, próxima ao rio, existe uma área onde a ocupação foi mais recente, em especial a partir de 2004, com moradias de baixo padrão construtivo.

De forma geral, na comunidade do Km3 as ruas não são pavimentadas, ocorre coleta de lixo nas principais e disponibilidade de água. Existe rede de esgoto pluvial e cloacal. Entretanto, os esgotos pluvial e cloacal tem vários problemas construtivos. No pluvial existem problemas de caimento e de ligações. O entupimento dos tubos ocorre em vários lugares, especialmente porque as ruas não são pavimentadas. Em relação ao esgoto cloacal, em várias moradias o executor do sistema não disponibiliza o receptor para a moradia.

Zoneamento da Vulnerabilidade

A vulnerabilidade baixa foi definida na Vila Schirmer, onde as vias são pavimentadas, existe esgotamento pluvial e cloacal, as moradias são de médio padrão construtivo e observa-se obras de proteção junto ao arroio que passa pelas comunidades. Além dessas, moradias na área rururbana, também são consideradas como baixa vulnerabilidade. Na comunidade da Vila Km3 situações pontuais associadas ao padrão construtivo das moradias foram consideradas como baixa vulnerabilidade. No total foram identificadas 16 moradias.

A vulnerabilidade média é predominante, com 390 moradias, se associa, principalmente, a Vila Km3 onde as moradias têm médio padrão construtivo, mas a infraestrutura oferecida pelo poder municipal é precária.

A vulnerabilidade alta ocorre para 132 moradias. Se associa às construções da margem direita do Vacacaí-mirim. Na margem direita, ocorre predominantemente associada a uma ocupação mais recente ao longo dos terrenos baixos e alagadiços que se associam a um afluente do rio que cruza as comunidades. As condições de baixo padrão construtivo das moradias e a infraestrutura deficiente que determina o alto grau.

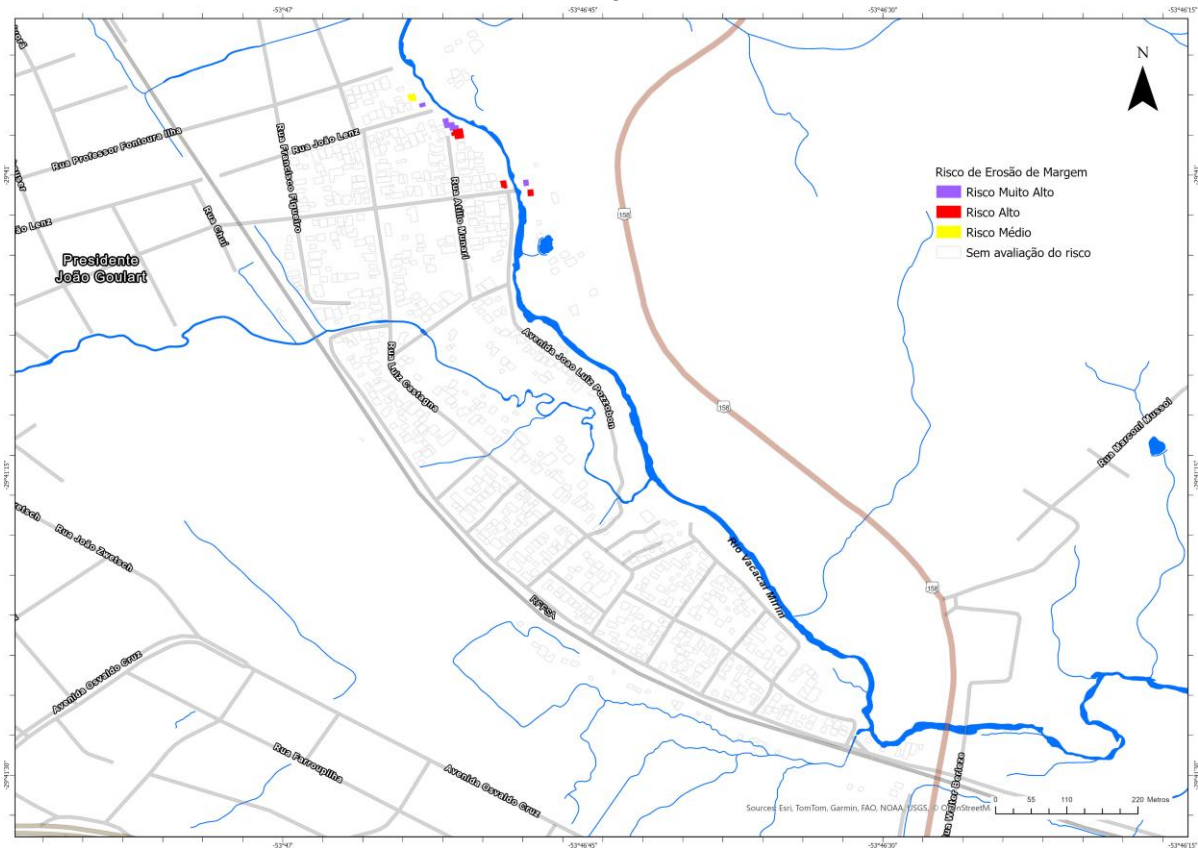
Risco

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 (BRASIL, 2007, UNISDR, 2009, Almeida, 2011, Tominaga *et al.*, 2015).

Risco a Erosão de Margem

A erosão de margem afeta 9 moradias sendo que as condições de Risco Médio ocorrem para 1 moradia. Condições de risco Alto ocorrem para 4 moradias, sendo 3 na margem direita e 1 na margem esquerda. O Risco Muito Alto foi definido para 4 moradias, sendo 3 na margem direita e 1 na margem esquerda. A figura 18 apresenta a distribuição espacial do risco dos processos geológicos associados à erosão de margem nas Vilas Schirmer e km3.

Figura 18 - Distribuição espacial do risco de processos geológicos associados a erosão de margem nas vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

Risco a Processos Hidrológicos

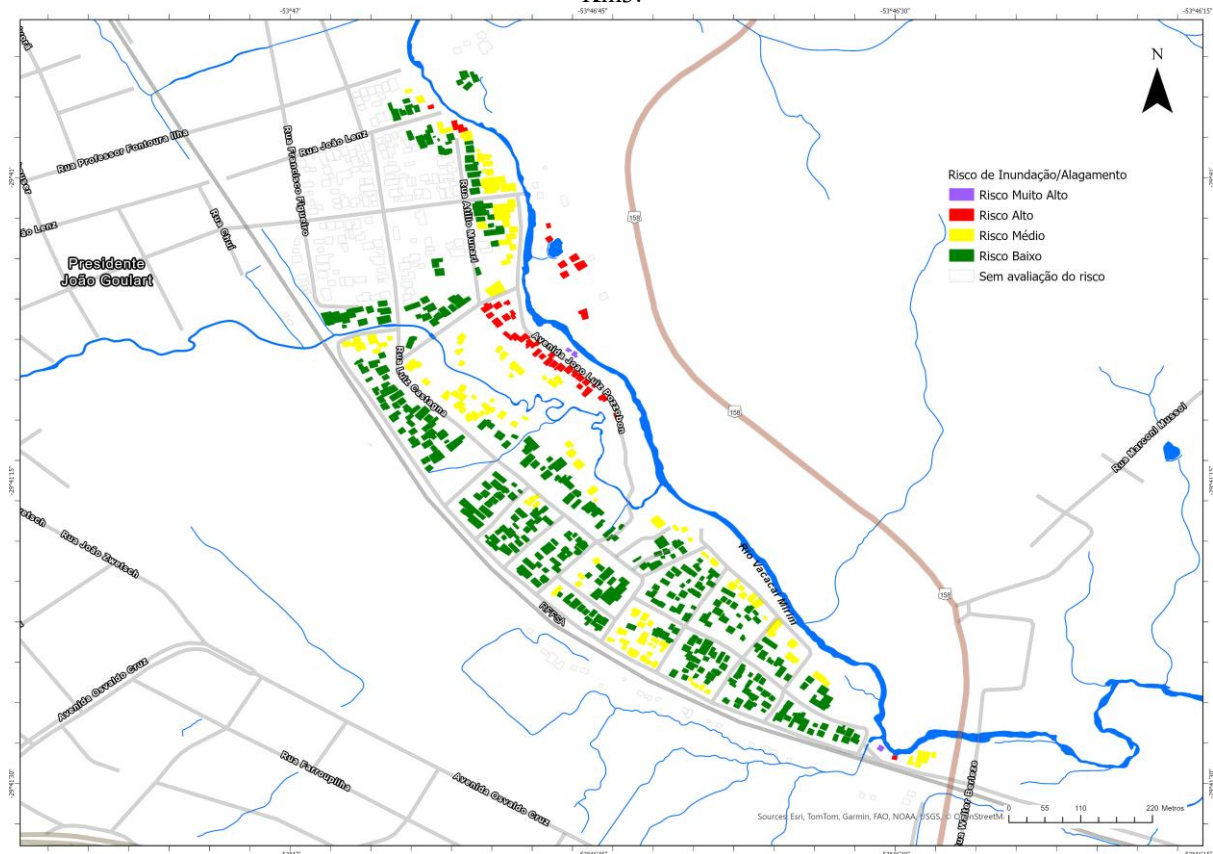
A possibilidade de ocorrência dos processos, a severidade e a consequências dado a vulnerabilidade da moradia atingida definiu o risco. A Figura 19 apresenta a distribuição espacial do risco hidrológico que foram definidos em quatro graus de risco: baixo, médio, alto e muito alto.

O Risco Baixo está definido para moradias suscetíveis a alagamentos e condições de vulnerabilidade baixa ou média. Nesses casos os danos são mais importantes na rua, dificultando a trafegabilidade, enquanto para as moradias são pouco significativos. Trabalhos de qualificação da drenagem na comunidade são exigidos. Nesse grau de risco ocorrem 354 moradias.

O Risco Médio é definido para 137 moradias. Ocorrem devido a processos de alagamentos que causam danos em ruas e podem afetar as moradias. Devido à alta vulnerabilidade de algumas moradias as consequências são mais significativas; também são classificadas como Risco Médio, as moradias onde o processo hidrológico é representado pela inundação, mas as condições de vulnerabilidade da população são baixas ou médias e, portanto, as consequências são menores.

Trabalhos de qualificação da drenagem e manutenção do canal fluvial para permitir o escoamento são trabalhos fundamentais para minimizar as situações de risco.

Figura 19 - Distribuição espacial do risco de processos hidrológicos de inundação e alagamento nas vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

O Risco Alto ocorre em 38 moradias e é indicado para moradias com Perigo Alto de serem atingidas com processo de inundação e a vulnerabilidade baixa e média. Trabalhos de manutenção do fluxo do canal e correção das margens são necessários.

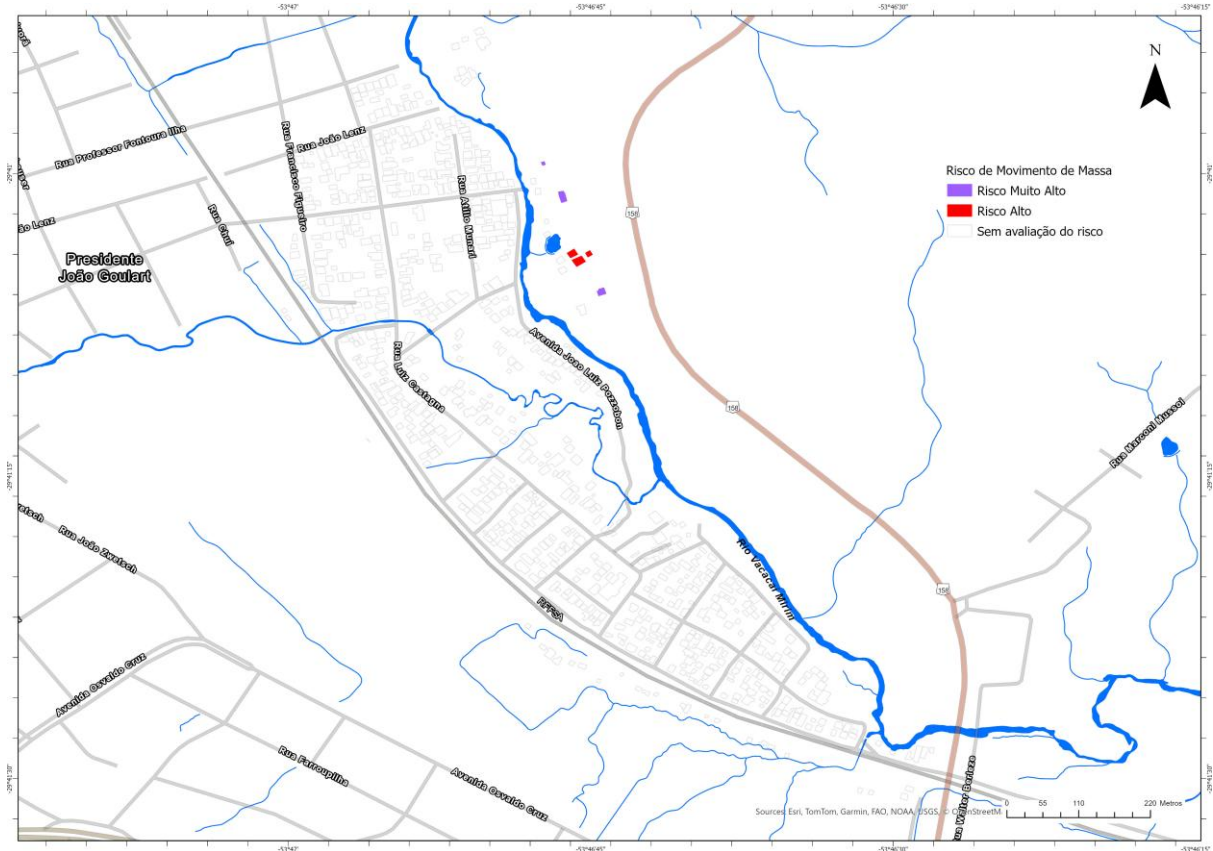
O Risco Muito Alto é definido para 03 moradias em situações que apresentam alta vulnerabilidade e estão submetidas a Perigo Alto. Ocorrem na margem direita, 2 localizadas junto à margem do rio Vacacaí-mirim e uma próxima a desembocadura de um canal secundário de drenagem. Condições extremas que exigem ações de realocação.

Risco de Movimento de massa

Os processos de Movimentos de massa estão restritos à margem esquerda do rio Vacacaí-mirim, junto a base da encosta. Todas as moradias estão indicadas como de alta vulnerabilidade,

portanto o Risco está associado às condições de perigo que estão submetidas cada uma das moradias. O Risco Alto foi determinado para 3 moradias e o Risco Muito Alto para outras 3, que se localizam ocupando a base da encosta. A Figura 20 apresenta a distribuição espacial do risco dos processos geológicos associados à movimentos de massa nas Vilas Schirmer e Km3.

Figura 20 - Distribuição espacial do risco de processos geológicos associados a movimentos de massa nas vilas Schirmer e Km3.



Fontes: Elaboração: os autores, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho se desenvolve em duas comunidades urbanas da cidade de Santa Maria, RS. As comunidades urbanas da Vila Schirmer e Km3 que tem como propulsor da ocupação o uso ferroviário na cidade de Santa Maria e associadas a construção da barragem do DNOS. As ferrovias perderam importância como principal modal de transporte de mercadorias e passageiros no país e muitas dessas linhas abandonadas, ao longo do tempo, foram sendo ocupadas por construções de moradias precárias, em situação irregular. Com relação a barragem, pode-se dizer que após a construção da barragem ocorreu uma grande diminuição da vazão do rio Vacacaí-mirim a jusante desta, retraindo consideravelmente a área inundável, o que favoreceu a expansão da ocupação na área.

Os processos causadores de risco são hidrológicos, associados a alagamentos/inundações e processo geológicos de erosão de margem e de movimentos de massa. Ocorrem 41 moradias suscetíveis a condições de risco Alto e Muito Alto a processo hidrológico e 08 suscetíveis a processos geológicos.

O trabalho contribui para a compreensão dos desastres naturais através da análise da possibilidade de ocorrência de um determinado processo e da vulnerabilidade da população afetada. Nessa perspectiva, os resultados desta pesquisa poderão contribuir para o gerenciamento de risco, sendo 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSHA, S. K.; EMRICH, C. T. Benchmarking Community Disaster Resilience in Nepal. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, n. 1985, p. 1-22. Basel, 2020.

ALMEIDA, L. Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, 2011.

BOLFÉ, S. A. **Expansão urbana de Santa Maria, RS: uma avaliação da adequabilidade do uso do solo**. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo, 1997.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. (Orgs.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007.

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.

CARDIAS, M. E. M. **Avaliação da vulnerabilidade em áreas de risco: um estudo de caso da vila Schirmer, Santa Maria, RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2016.

CARDONA, O. D. The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: a necessary review and criticism for effective Risk Management, *In*: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. **Mapping Vulnerability Disasters, Development, and People**. London; Sterling, VA: Earthscan Publications, 2004.

CASTRO, A. L. C. de (org.). **Manual de desastres: desastres naturais**. 1. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2. ed. Brasília: Departamento de Defesa Civil, 1998. 173 p.

COBRADE. Codificação Brasileira de Desastres. **Classificação e codificação brasileira de desastres**. Departamento de Gestão de Riscos e Desastres. Brasília, DF, 2012.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, V. 84, N. 2, June 2003.

DALINGHAUS, C.; ALMEIDA L. R.; GONZÁLEZ, M.; KLEIN, A. H. F. (Org.). **Sistema de Modelagem Costeira do Brasil**: estudos de caso. 1ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2018, v. 1, p. 11-64.

DEGRANDI, J. O. **Verticalidades e horizontalidades nos usos do território de Santa Maria-RS**. Tese de Doutorado, Santa Cruz do Sul. Universidade de Santa Cruz do Sul, 2012.

FACCIN, D. Seguindo os trilhos do trem: a influência da ferrovia na estruturação urbana de Santa Maria/RS. In: Brasil. IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Artigos: Temática 6 – Patrimônio ferroviário**, 2014.

FACCINI, U. F. O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul: **Uma análise sobre o ponto de vista das sequências deposicionais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 130. Dissertação, UFRGS, 1989.

FERNANDES, N. F; AMARAL, C. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 123-194.

FERNANDEZ, P.; MOURATO, S.; MOREIRA, M. 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, 2016.

FOLETO, E. M.; SILVA, F. Áreas de preservação permanente e áreas de incompatibilidade legal. In: ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. 2013. 307 p.

GOERL, R.F; KOBIYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência**. V.9; n.1 2013.

HERRMANN, M. L. P. (org.). **Atlas de desastres socioambientais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de recursos naturais (Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, CD-ROM. 1986.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Changes 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. *In*: PÖRTNER, H.-O. *et al.* (eds.). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II. Cambridge University Press. In Press, 2022.

KOMI, K.; AMISIGO, B.A.; DIEKKRÜGER, B. Integrated Flood Risk Assessment of Rural Communities in the Oti River Basin, West Africa. **Hydrology**, 2016, 3, 42.
<https://doi.org/10.3390/hydrology3040042>

LUU, C.; VON MEDING, J.; KANJANABOOTRA, S. Assessing flood hazard using flood marks and analytic hierarchy process approach: a case study for the 2013 flood event in Quang Nam, Vietnam. **Natural Hazards**, v. 90, n. 3, p. 1031–1050, 1 fev. 2018.

MACÍAS, J. M. Significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres. **Revista Mexicana de Sociología**, Ciudad de Mexico, V. 54, N. 4, pp. 3-10, oct./dic., 1992.

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

MARANDOLA JUNIOR., E. HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, ANPPAS, v.7, n.2, p.95-109, jul./dez. 2004.
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000200006>.

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.

MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de Hazards e de Desastres. **Ambiente & Sociedade**, n. 9. p. 93-114, 2001.

MOREIRA, L. L.; DE BRITO, M. M.; KOBIYAMA, M. Effect of Different Normalization, Aggregation, and Classification Methods on the Construction of Flood Vulnerability Indexes. **Water**. 13, 98, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13010098>

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. **RA'EGA**. Curitiba, v.40, p. 94 -109, 2017. DOI: 10.5380/raega.v40i0.45870.

OLIVER-SMITH, A. Anthropological research on hazards and disasters. **Annual Review of Anthropology**, Palo Alto, N. 25, pp. 303-328, 1996.

PRADO, T. C. S. **Formas atuais de exclusão residencial no espaço urbano de Santa Maria – RS: uma análise dos condomínios horizontais fechados e das áreas ocupadas de forma irregular.** 112f. Monografia – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

ROBAINA, L. E. S. Dinâmica do sistema fluvial e o desenvolvimento de áreas de risco. *In:* ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul.** 2013. 307 p.

ROBAINA, L. E. S.; OLIVEIRA, E. L. A. Bases conceituais para o estudo de áreas de risco em ambientes urbanos. *In:* ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul.** 2013. 307 p.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul.** 2013. 307 p.

SALAMONI, G. F. **O crescimento urbano por extensão e suas repercussões morfológicas em estruturas urbanas:** estudo de caso: Santa Maria/RS. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 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>

SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental:** Desastres socioambientais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SCHERER, C. M. S., FACCINI, U. F., LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. *In:* HOLZ, M., DE ROS, L.F. (Eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**, Centro de Investigação do Gondwana. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp. 335–354, 2000.

TATE, E. Social Vulnerability Indices: a comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. **Natural Hazards**, v. 63, n. 2, p. 325-347, 2012.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais:** conhecer para prevenir. 3.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015, p. 25-38.

UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Terminology on Disaster Risk Reduction. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)**, p. 1– 30, 2009. Disponível em: www.unisdr.org/publications.

VEYRET, Y; RICHEMMOND, N. M. de. O risco, os riscos. *In:* VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007, p. 23-79.

VOJINOVIĆ, Z.; ABEBE, Y.; SANCHEZ-TORRES, A.; MEDINA, N.; NIKOLIC, I.; MANOJLOVIC, N.; MAKROPOULOS, C.; PELLING, M. **Holistic flood risk assessment in coastal areas-the PEARL approach.** CUNY Academic Works, New York City, 2014.