

PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI

ZONEAMENTO DE
ÁREAS DE RISCO

 **Muçum**



 **UNIVATES**



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL

SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO

PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI

ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO



Relatório de análise e zoneamento das áreas de risco do município de Muçum.



SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO

EQUIPE TÉCNICA SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E METROPOLITANO - SEDUR

Equipe do Departamento de Planejamento Urbano e Metropolitano

Tassiele Francescon	Arquiteta e Urbanista, Diretora de Planejamento Urbano e Metropolitano
Carlos Henrique de Brito Lima	Engenheiro Civil
Flavia de Azevedo Monteiro	Arquiteta e Urbanista
Isabel Luísa Rangel de Azeredo Coutinho	Arquiteta e Urbanista
Isabel Thees Castro	Arquiteta e Urbanista
Ivan José da Silva	Arquiteto e Urbanista, METROPLAN
Vitor dos Santos Vendruscolo	Arquiteto e Urbanista
Michele de Godoy	Analista administradora

EQUIPE TÉCNICA UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

Coordenação Institucional

Arq. Dra. Jamile Weizenmann
CAU A76741-7

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em Arquitetura (PROPAR/UFRGS)

Coordenação Geral

Arq. Dra. Izabele Colusso
CAU A43988-6

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Dr. Marcelo Arioli Heck
CAU A74761-0

Arquiteto e Urbanista, Mestre e Doutor em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Coordenação Técnica

Arq. Bruna Zanoni Ruthner
CAU A255799-1

Arquiteta e Urbanista (UNIVATES-RS), pós-graduanda em Cidades: Gestão Estratégica do Território Urbano (UNISINOS-RS)

Arq. Ma. Josiane Andréia Scotton
CAU A184111-4

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Esp. Marcio Luiz Oppitz Ribas
CAU A48049-5

Arquiteto e Urbanista, MBA em Desenvolvimento Sustentável e Economia Circular (PUC-RS) e Pós-Graduando em Gestão de Cidades (UNISINOS-RS)

Equipe Planejamento Territorial

Arq. Ma. Aline Cristiane Scheibe
CAU A69956-0

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Joseane Luísa Ludwig

CAU A263010-9

Arquiteta e Urbanista, especialista em Cidades:
Gestão Estratégica do Território Urbano
(UNISINOS-RS)

Arq. Ma. Tailini da Silva Caminha Faleiro

CAU A138694-8

Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura e
Urbanismo (UNISINOS-RS)

Arq. Me. Augusto Alves

CAU A36430-4

Arquiteto e Urbanista, Mestre em Arquitetura e
Urbanismo (UFRGS) e Doutorando em
Planejamento Urbano e Regional (UFRGS)

Acad. Larissa Miki Makiyama

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo
(UNISINOS-RS)

Acad. Manuela Trajano Contart de Oliveira

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo (UFRGS)

Acad. Maria Dupont Schwingel

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo
(UNISINOS-RS)

Equipe Georreferenciamento

Arq. Dra. Alice Rauber Gonçalves

CAU 48683-3

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em
Planejamento Urbano e Regional
(PROPUR/UFRGS)

Arq. Ma. Carolina Rezende Faccin

CAU A150688-9

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em
Planejamento Urbano e Regional
(PROPUR/UFRGS)

Arq. Isabelle Carolina Mangoni Soares

CAU A141461-5

Arquiteta e Urbanista (UNISINOS-RS), Especialista
em Geoprocessamento (PUC Minas) e
Mestranda em Planejamento Urbano e Regional
(PROPUR/UFRGS)

Arq. Maria Paloma Bernardi

CAU A302978-6

Arquiteta e Urbanista (UFRGS)

Equipe Recursos Hídricos e Meio Ambiente

Eng. Sofia Royer Moraes

CREA-RS 217 486

Engenheira Ambiental (UNIVATES-RS), mestre em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFRGS), doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS)

Eng. Daniel Martins dos Santos

CREA-RS 216 535

Engenheiro Ambiental (UNIVATES-RS)

Eng. Leonardo Laipelt

Engenheiro Ambiental (UFRGS), mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e doutorando (IPH-UFRGS)

Tiago Vier Fischer

Geólogo (UFRGS), mestre em Geociências na área de concentração em Estratigrafia e Paleontologia (UFRGS)

Acad. Marthina Levenzon Pimentel

Graduanda em Gestão Ambiental (INSTITUTO FEDERAL)

Equipe Comunicação e Participação Social

Rodrigo Brod
Coordenação

Graduado em Comunicação Social (ESPM-SP), especialista em Branding (UNISC-RS) e mestre em Espaço e Problemas Socioambientais (UNIVATES-RS)

Marina Sartori Becker

Graduada em Design (UNIVATES)

Flávia Leonhardt Miranda

Graduada em Design (UNIVATES)

Arthur Pereira Pezzi

Graduando em Design (UNIVATES)

Maria Eduarda Wendt

Cursando Técnico em Publicidade (UNIVATES)

Gisele Dhein

Graduada em Psicologia (UNISC-RS), mestre em Psicologia na área de concentração Psicologia Social PUCRS e doutora em Educação (UNISC-RS)

Equipe Direito Urbanístico

Luciana Turatti

Graduada em Ciências Jurídicas e Sociais (UNISINOS), doutora em Direito (UNISC-RS) e pós-doutora em Direito pela Universidade de Sevilha.

Guilherme Weiss Niedermayer

Graduado em Direito (UNIVATES-RS), pós-graduando em Direito Ambiental (CEI) e mestrandando em Ambiente e Desenvolvimento (UNIVATES-RS)

Vanêscia Prestes

Graduada em Ciências Jurídicas e Sociais (UCS-RS), mestre em Direito (PUC-RS), especialista em Direito Municipal (ESDM-RS), doutora em "Forme Dell' Evoluzione Del Diritto (Universitá Del Salento)

EQUIPE TÉCNICA PREFEITURA MUNICIPAL DE MUÇUM

Grupo de Apoio Prefeitura de Muçum

Mateus Giovanoni Trojan - Prefeito	Prefeito de Muçum
Amarildo Baldasso	Vice-Prefeito de Muçum
Tiago Strieski	Secretário da Administração, Fazenda e Planejamento
Matheus Zortea	Secretário de Obras e Viação
Rodolfo Pavi	Secretário da Agricultura
Guilherme Taborda	Assessor Jurídico
Lucas Brustolin Pezzi	Assessor Jurídico
Érica Baronio dos Santos	Arquiteta Urbanista
Luis Fernando Lucca Weber	Engenheiro Civil
Douglas Pessi	Engenheiro Ambiental

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. CARACTERIZAÇÃO	17
2.1. Contexto Geral	17
2.2. A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas	19
2.3. A Região do Vale do Taquari	22
2.4. O Município de Muçum	25
2.4.1. Contexto Urbano	28
2.4.2. Contexto Físico e Ambiental	50
2.4.2.1. Clima	51
2.4.2.2. Unidades de Paisagem Natural	52
2.4.2.3. Geologia e geomorfologia	57
2.4.2.3.1. Geologia	57
2.4.2.3.2. Geomorfologia	59
2.4.2.4. Tipos de solos	61
2.4.2.5. Recursos hídricos	63
2.4.2.6. Uso e cobertura do solo	66
2.4.2.7. Geotecnica	69
2.4.2.7.1. Altitudes	69
2.4.2.7.2. Declividades	70
2.4.2.7.3. Características geotécnicas gerais	72
2.4.2.8. Áreas de Preservação Permanente	73
3. DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO	81
3.1. Fundamentação Legal	83
3.1.1. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Lei nº 12.608/12	86
3.1.2. Plano Diretor e Estatuto da Cidade - Lei 10.257/01	87
3.1.3. Nota Técnica nº 1 de 2023, Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento - Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos	90
3.2. Áreas suscetíveis à fenômenos naturais e zoneamento de riscos	92
3.2.1. Áreas suscetíveis a inundações	92
3.2.1.1. Metodologia para identificação das zonas preliminares de arraste e áreas com suscetibilidade à inundaçāo	94
3.2.1.2. Áreas com Suscetibilidade à Inundação	102
3.2.2. Áreas suscetíveis a movimentos de massa	113

3.2.2.1. Metodologia para identificação das áreas com suscetibilidade a movimentos de massa	114
3.2.2.2. Áreas com Suscetibilidade a Movimentos de Massa	122
4. SÍNTSE	131
REFERÊNCIAS	140
ANEXOS	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.	20
Figura 2: Mapa do Corede Vale do Taquari, com o município de Muçum destacado.	24
Figura 3: Diagrama de localização e articulação do Vale do Taquari, Lajeado e Muçum com Porto Alegre.	25
Figura 4: Localização de Muçum e rodovias de conexão com os municípios vizinhos.	27
Figura 5: Mapa do município de Muçum.	28
Figura 6: Registro da Infraestrutura Cicloviária em Muçum.	29
Figura 7: Localização da Infraestrutura cicloviária em Muçum.	30
Figura 8: Diagrama comparativo entre a área urbana e a área rural de Muçum.	31
Figura 9: Mapa ampliado da sede urbana do município de Muçum com manchas de densidade.	33
Figura 10: Vista aérea do município de Muçum, às margens do Rio Taquari.	34
Figura 11: Mapa ampliado da Linha Santo Isidoro no município de Muçum.	35
Figura 12: Mapa ampliado da Linha São Faustino e Jovita no município de Muçum.	36
Figura 13: Mapa ampliado da Linha Santa Lúcia no município de Muçum.	37
Figura 14: Usos do solo no município de Muçum.	39
Figura 15: Usos do solo na sede municipal de Muçum.	40
Figura 16: Usos do solo na Linha Santo Isidoro de Muçum.	41
Figura 17: Usos do solo na Linha São Faustino e Jovita de Muçum.	42
Figura 18: Usos do solo na Linha Santa Lúcia de Muçum.	43
Figura 19: Registro da inundação de 2001 em Muçum.	44
Figura 20: Área central de Muçum na enchente de setembro de 2023.	45
Figura 21: Vista aérea do cemitério municipal de Muçum, após a enchente de setembro de 2023.	46
Figura 22: Vista aérea ao lado do cemitério municipal, após a enchente de setembro de 2023.	46
Figura 23: Vista aérea do Bairro Fátima, após a enchente de setembro de 2023.	47
Figura 24: Lodo cobrindo a cidade após enchente de setembro de 2023.	47
Figura 25: Vista aérea de Muçum durante a enchente de maio de 2024.	48
Figura 26: Leito do rio após enchente de maio de 2024.	48
Figura 27: Dejetos trazidos pela enchente de maio de 2024.	49
Figura 28: Rua Barão do Rio Branco, quando o nível da água começa a baixar, em setembro de 2023.	49
Figura 29: Edificação onde localiza-se a Estação Rodoviária de Muçum, na Rua Barão do Rio Branco, após inundação de setembro de 2023.	50

Figura 30: Danos em edificação histórica na Rua Barão do Rio Branco, após enchente de maio de 2024.	50
Figura 31: Chuva acumulada (mm) de 30/04/2024 a 10/05/2024, no Rio Grande do Sul, com demarcação do município de Muçum. Fonte: Dados monitorados de MERGE/CPTEC/INPE (2024), adaptado pela Equipe de Planejamento Territorial Univates.	52
Figura 32: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari.	54
Figura 33: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, ampliação no município de Muçum.	55
Figura 34: Marcação de Sítios Arqueológicos e evidências arqueológicas.	56
Figura 35: Rochas encontradas na região de Muçum.	58
Figura 36: Mapa geológico de Muçum.	59
Figura 37: Mapa de unidades geomorfológicas em Muçum.	61
Figura 38: Mapa de pedologia de Muçum.	62
Figura 39: Tipos de solos encontrados em Muçum.	63
Figura 40: Mapa das regiões hidrográficas no Rio Grande do Sul e da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.	65
Figura 41: Mapa dos principais cursos hídricos em Muçum.	66
Figura 42: Mapa de uso e cobertura do solo de Muçum.	68
Figura 43: Hipsometria no município de Muçum.	70
Figura 44: Declividades no município de Muçum.	72
Figura 45: Mapa das restrições ambientais por APP no município de Muçum.	77
Figura 46: Áreas de Preservação Permanente na sede de Muçum e entorno imediato.	78
Figura 47: Áreas de Preservação Permanente na Linha Santo Isidoro e entorno imediato.	79
Figura 48: Áreas de Preservação Permanente na Linha São Faustino e Jovita e entorno imediato.	80
Figura 49: Áreas de Preservação Permanente na Linha Santa Lúcia e entorno imediato.	81
Figura 50: Situação das áreas inundáveis.	93
Figura 51: Zoneamento de tipos de risco para áreas suscetíveis à inundação.	93
Figura 52: Conjuntos mapeados no evento de setembro de 2023, em Muçum.	98
Figura 53: Ampliação dos conjuntos ao longo da Rua Luís Signori, no evento de setembro de 2023, em Muçum.	99
Figura 54: Ampliação do conjunto no entorno do Cemitério Municipal, no evento de setembro de 2023, em Muçum.	100
Figura 55: Casas isoladas mapeadas no evento de setembro de 2023, em Muçum.	101
Figura 56: Composição das zonas preliminares de arraste.	102
Figura 57: Mancha de inundação do evento de maio de 2024 no município de Muçum.	103
Figura 58: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.	105

Figura 59: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.	106
Figura 60: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.	106
Figura 61: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste no município de Muçum.	107
Figura 62: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na sede urbana de Muçum.	108
Figura 63: Registro durante o evento de Maio de 2024 em Muçum.	109
Figura 64: Registro após evento de Maio de 2024 em Muçum.	110
Figura 65: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha Santo Isidoro.	111
Figura 66: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha São Faustino e Jovita.	112
Figura 67: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha Santa Lúcia.	113
Figura 68: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 em Muçum.	115
Figura 69: Registro do movimento de massa em Muçum, em maio de 2024.	116
Figura 70: Registro de trecho da ERS-129 que desmoronou em Muçum, em maio de 2024.	117
Figura 71: Corte esquemático de situação de inundação e movimentos de massa na Linha Santo Isidoro, em maio de 2024.	117
Figura 72: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 no entorno da sede urbana de Muçum.	118
Figura 73: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha Santo Isidoro e entorno.	119
Figura 74: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha São Faustino e Jovita e entorno.	120
Figura 75: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha Santa Lúcia e entorno.	121
Figura 76: Gráfico que ilustra a frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.	123
Figura 77: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Muçum.	125
Figura 78: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na sede urbana de Muçum.	127
Figura 79: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha Santo Isidoro e entorno.	128
Figura 80: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha São Faustino e Jovita e entorno.	129
Figura 81: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha Santa Lúcia e entorno.	130

Figura 82: Mapa do Zoneamento de Risco no município de Muçum.	133
Figura 83: Mapa do Zoneamento de Risco na sede urbana de Muçum.	134
Figura 84: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha Santo Isidoro.	135
Figura 85: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha São Faustino e Jovita.	136
Figura 86: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha Santa Lúcia.	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Declividades e percentual de áreas no Município de Muçum.	71
Tabela 2: Legislação, Planos e Estudos.	84
Tabela 3: Percentual de áreas inundadas em Muçum.	104
Tabela 4: Percentual de endereços inundados em Muçum.	104
Tabela 5: número de endereços inundados em Muçum.	105
Tabela 6: Frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.	122
Tabela 7: Classes de suscetibilidade.	123
Tabela 8: Área e porcentagem das categorias de zona de risco em Muçum.	138

1. INTRODUÇÃO

Conforme disposto no termo de referência, o Vale do Taquari foi fortemente atingido pelos eventos climáticos de setembro e novembro de 2023 e maio de 2024. Os municípios de Arroio do Meio, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, Muçum e Roca Sales tiveram bairros inteiros arrasados, residências destruídas pela chuva e pela força da enxurrada. O município de Arroio do Meio teve 48,17% da sua população afetada pela catástrofe, com o comprometimento de 6.066 endereços. Em Colinas, a população afetada chegou a 49,61%, atingindo 647 endereços. O município de Cruzeiro do Sul teve bairros completamente devastados, como é o caso de Passo de Estrela, onde das 850 casas que faziam parte do bairro, 600 foram totalmente destruídas. Cruzeiro do Sul teve 41,37% da sua população afetada, com o comprometimento de 3.010 endereços. O município de Encantado teve 35,10% da sua população atingida pelo evento e 4.309 endereços atingidos. O município de Estrela teve 37,45% da sua população afetada, totalizando 6.814 endereços atingidos. Roca Sales teve 54,52% da sua população que sofreu com as cheias, o que resultou em 3.221 endereços atingidos. O município de Muçum também foi o mais atingido, com 79,07% da população afetada e 2.199 endereços atingidos. Neste cenário, conforme os dados apresentados¹, ressalta-se que as residências destruídas necessitam de reconstrução em local seguro e onde a população não sofra mais as consequências das enchentes e enxurradas. Portanto, faz-se necessária a realocação de diversos bairros e um novo zoneamento para essas cidades.

A Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, por meio de Estudos e Mapeamento Geotécnico da região, desenvolverá o estudo que terá como objetivo a “identificação, avaliação e mapeamento das áreas vulneráveis e o mapeamento das áreas inundáveis de cada município” (Termo de Referência, página 9). O estudo faz uso de dados primários² e secundários, pois visa atender aos objetivos em um curto espaço de tempo, sendo utilizada a ampla base de dados existentes, incluindo mapeamentos municipais e das demais instâncias governamentais, bem como pareceres e estudos técnicos oficiais; incorporando, por

¹ Disponível em: mup.rs.gov.br. Acesso em: 04 out 2024.

²Como dados primários utilizou-se as modelagens hidrodinâmicas, a definição das zonas preliminares de arraste e registros fotográficos realizados em visita técnica ao município.

exemplo, o mapeamento de áreas de inundação, tipo de solo e áreas de deslizamento (Termo de Referência, página 9).

A primeira etapa deste contrato visa estabelecer o Zoneamento de Risco - PRODUTO 1A - Relatório de Diagnóstico das Áreas Inundáveis, e as Diretrizes Preliminares de Ocupação Prioritária - PRODUTO 1B - Relatório de Diretrizes. O presente documento trata-se do PRODUTO 1A - Zoneamento de Áreas de Risco e atende o disposto no termo de referência para esta etapa, apresentando o mapeamento das áreas vulneráveis e das áreas inundáveis do Município de Muçum.

Para a compreensão do Município e sua inserção regional, estão apresentados nos títulos a seguir diversos aspectos de caracterização geral, contexto urbano, físico e ambiental de Muçum.

2. CARACTERIZAÇÃO

2.1. Contexto Geral

É na análise do espectro do direito à cidade que as ocupações humanas em áreas de risco – áreas sujeitas a enchentes, inundações e movimentos de massa – ganham visibilidade. O impacto (DANO) decorrente deste evento afeta não só aos habitantes dessas áreas, cuja condição e qualidade de vida não condizem com o direito à moradia adequada, mas onera a todos os habitantes da cidade com os custos sociais e econômicos, seja de remoção/reassentamento, controle ou afastamento do risco, seja sobre o impacto que a irregularidade causa no meio ambiente, saneamento básico e serviços públicos de um modo geral (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024).

Em termos da definição de um desastre, segundo o Ministério da Integração Nacional, conforme Instrução Normativa nº 01 de 2012, considera-se desastre:

Art. 1º Para os efeitos desta Instrução Normativa entende-se como: I - desastre: resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012).

De acordo com o Manual de Capacitação Básica em Defesa Civil, a partir do conhecimento das ameaças mais prováveis e com vulnerabilidades mais acentuadas, um criterioso mapeamento deve ser feito para cada tipo de desastre³.

Nesse contexto, o Município como executor da política de desenvolvimento urbano, é quem tem o grande desafio de implementar uma gestão eficiente de risco de desastres, atuando frente à ocupação irregular do espaço urbano - fator que agrava os danos causados, incorporando na gestão de desastres - e vice-versa - as políticas de ordenamento territorial, de recursos hídricos, saneamento, moradia, meio ambiente, entre outras (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024).

Trabalhar para reduzir o risco é mais eficiente que tentar reduzir os desastres, pois quando se trata de desastres naturais não há como minimizar as ameaças como, por exemplo, chuvas intensas, ventos fortes e um terremoto (UFSC, 2011).

A gestão de risco de desastre é um processo sistemático de uso de políticas administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para implantar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, a fim de reduzir o impacto negativo. É realizada, na maior parte do tempo, em períodos de normalidade, com medidas de prevenção e preparação, para que a ocorrência do desastre seja menos impactante e a resposta e reconstrução sejam mais eficazes (UFSC, 2011).

Conforme apontado no Manual de capacitação básica em Defesa Civil, para identificar o risco, o primeiro passo é fazer um levantamento de dados históricos de recorrência de desastres e, a partir disso, reconhecer as ameaças e as vulnerabilidades. Sendo que as ameaças podem ter origem natural ou antropogênica, variam de acordo com o local analisado e sua incidência diante das vulnerabilidades será fator decisivo no momento de mapear o risco.

Com um bom mapeamento de risco, as decisões políticas podem ser trabalhadas para reduzir vulnerabilidades com políticas de ocupação urbana, moradias sociais, mobilidade, saúde, saneamento, educação, segurança pública, todas podem se basear em um mapa de risco (UFSC, 2011).

³ Capacitação básica em Defesa civil: livro texto para educação à distância. Brasília: Defesa Civil Nacional, 2011. Disponível em:
<https://www.cepel.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/Capacitação-Básica-em-Defesa-Civil-livro-texto.pdf>

Neste contexto, e considerando que o Vale do Taquari localiza-se em uma zona sensível às inundações⁴ do Rio Taquari, com uma frequência significativa de ocorrência destes eventos e fortemente atingido pelos eventos climáticos de setembro e novembro de 2023 e maio de 2024, torna-se essencial a realização da identificação e mapeamento dos riscos nesta região para que seja possível repensar o planejamento nos municípios, incorporando as áreas de risco nas políticas de planejamento e uso do solo.

No título a seguir está apresentada a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e a inserção do município de Muçum neste contexto.

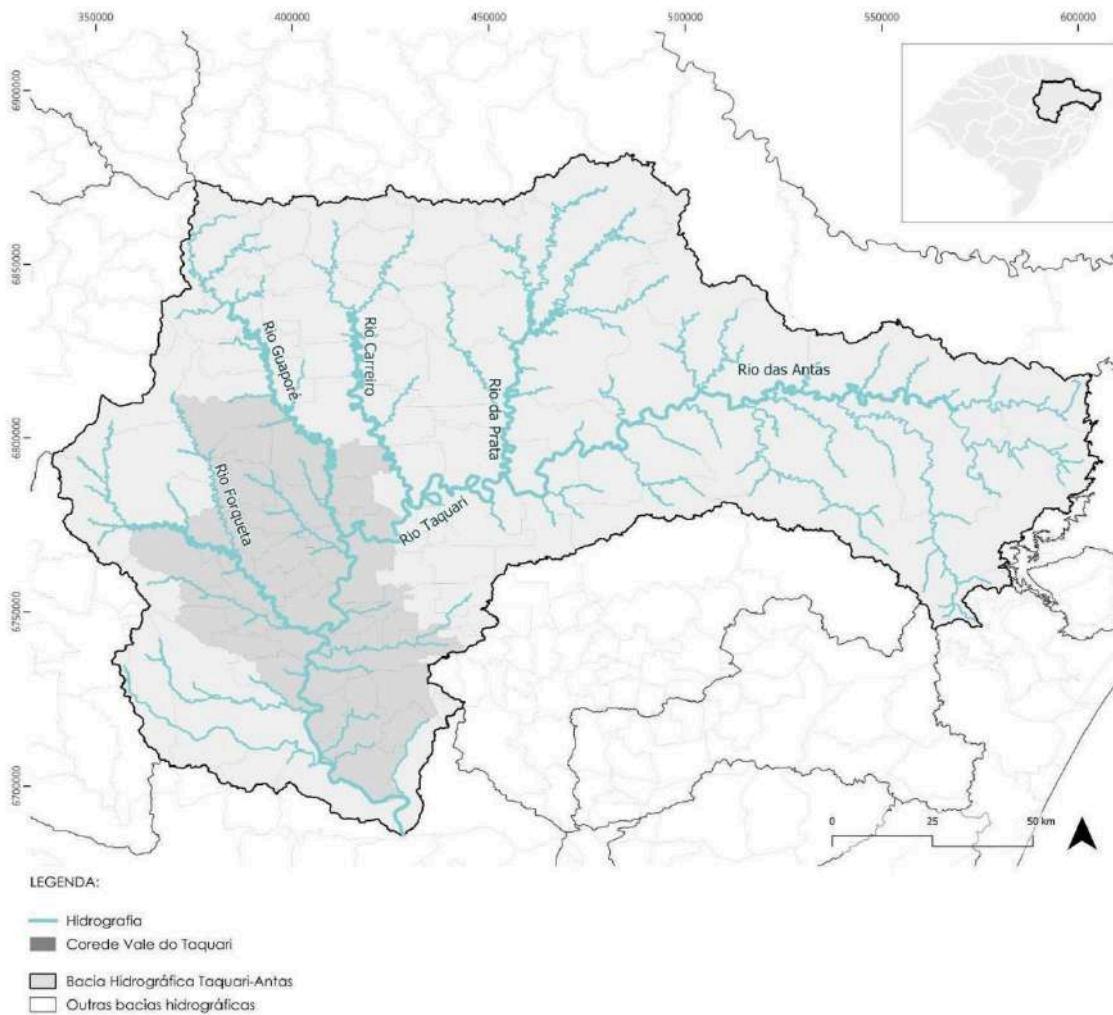
2.2. A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas

A Bacia Hidrográfica⁵ Taquari-Antas (Figura 1) é uma das bacias mais extensas e importantes do estado do Rio Grande do Sul, compõe a Região Hidrográfica do Guaíba e abrange uma área de 26.430 km² e uma população de aproximadamente 1,38 milhão de pessoas. Ela inclui totalmente 82 municípios e parcialmente 37, totalizando 119 municípios que são abrangidos direta ou indiretamente por essa bacia (SEMA, 2020).

⁴ Inundação: Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas na bacia hidrográfica. (BRASIL, 2013)

⁵ Entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoa superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. O artigo 171 da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão dos recursos hídricos, sendo regulamentado pela Lei Estadual 10.350/1994. Esta lei exige a formação de um comitê de gerenciamento para cada uma das 25 bacias hidrográficas do Estado. Além disso, a legislação agrupa essas bacias em três Regiões Hidrográficas: a região do rio Uruguai, que corresponde à bacia nacional do Uruguai; a região do Guaíba; e a região do litoral, que se alinharam com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. O Decreto nº 53.885, de 18 de janeiro de 2018, formaliza a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado em 25 Bacias Hidrográficas. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em 23 de agosto de 2024.

Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados disponíveis de hidrografia (SEMA/FEPAM, 2018) e limites municipais (IBGE, 2022).

O Rio Taquari-Antas, que dá nome à bacia, nasce no extremo leste da região e segue um curso de 546 km. Inicialmente conhecido como Rio das Antas, ele adota o nome de Rio Taquari a partir da confluência com o Rio Carreiro e, finalmente, deságua no Rio Jacuí. A bacia se caracteriza por sua extensão de 359 km como Rio das Antas e 187 km como Rio Taquari, refletindo a importância de ambos os trechos na configuração da bacia como um todo (SEMA, 2012). Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Camisas, Tainhas, Lajeado Grande e São Marcos, e pela margem direita, os rios Quebra-Dentes, da Prata, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Taquari-Mirim (MORAES, 2015).

Quanto às cheias e inundações, a Bacia Taquari-Antas apresenta considerável dinâmica de ocorrência uma vez que seus afluentes apresentam significativas variações das

vazões decorrentes de chuvas intensas e distribuídas sobre as áreas de cabeceira da bacia, o que acarreta na concentração de grandes volumes de água que se propagam rapidamente a jusante do canal (FERRI, 1991; FERREIRA; BOTH, 2001; BOMBASSARO; ROBAINA, 2010, MORAES, 2015).

Quanto a variação de relevo e topografia, a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas apresenta uma amplitude de aproximadamente 1.000 metros e declividades superiores a 15% em praticamente 90% da bacia. Tais fatores, associados com solo pouco desenvolvido, favorecem o escoamento superficial e a ocorrência de inundações e enxurradas, principalmente na região do Vale do Taquari, especialmente nos períodos de inverno e primavera (BOMBASSARO; ROBAINA, 2010; MORAES *et al.*, 2024).

A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas enfrenta frequentes transbordamentos de suas águas, especialmente com as inundações do Rio Taquari em sua porção mais baixa, a região do Vale do Taquari. Nessa área, onde há uma maior densidade populacional nas margens do rio, os danos causados por essas inundações costumam ser os mais significativos (FERRI, 1991).

Cabe destacar, que as inundações que ocorrem na região baixa do Vale do Taquari são decorrentes de fatores naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, como hidrografia, pedologia, geomorfologia, clima, vegetação, dentre outros. Logo, as inundações que ocorrem ao longo do Rio Taquari não são geradas por ações antrópicas, como o desmatamento, a impermeabilização do solo, as obras no canal fluvial, dentre outros. No entanto, essas ações tendem a intensificar o alcance das cotas de inundaçao, agravando ainda mais os impactos causados pelas inundações nas áreas antropizadas durante períodos secos (FERREIRA; BOTH, 2001).

Devido às características topológicas da Bacia Taquari-Antas e a localização no Vale do Taquari, é possível observar nessas regiões amplitudes verticais de elevação do nível do rio, que superam 20 metros em um curto intervalo de tempo. Nos municípios de Lajeado e Estrela, por exemplo, onde o nível normal do rio Taquari é de 13 m, enquanto que o alcance da lâmina de inundaçao em 02 de maio de 2024 foi de 33,66 m, ou seja, 20,66 m acima do nível normal.

Conforme o levantamento do Mapa Único Plano Rio Grande⁶, que leva em conta a área diretamente afetada e os dados populacionais do Censo IBGE 2022, a inundação ocorrida em maio de 2024 afetou 73.285 pessoas, o que corresponde a 20,3% da população da região. Além disso, 43.345 endereços foram atingidos, representando 21,5% do total. Em nota, o governo do Estado do Rio Grande do Sul informou que ainda está avaliando os custos relacionados à reconstrução.

No Vale do Taquari, 10 municípios fazem divisa com o leito principal do Rio Taquari e, por isso, são mais suscetíveis a ocorrência de inundações e enxurradas, sendo: Muçum, Encantado, Roca Sales, Colinas, Arroio do Meio, Lajeado, Estrela, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari (FERRI, 2001; MORAES, 2015).

A bacia é notável por abranger um número significativo de municípios, o maior entre todas as bacias hidrográficas em um comitê estadual no Brasil. É importante destacar ainda, que há uma significativa diversidade de usos e coberturas do solo na região de cobertura da Bacia Taquari-Antas, resultando em uma variedade de paisagens e atividades econômicas como agricultura, indústria de transformação, serviços e comércio, educação e recursos energéticos (SEMA, 2012).

2.3. A Região do Vale do Taquari

O Corede⁷ Vale do Taquari é formado por um conjunto de 36 municípios localizados na região central do Estado do Rio Grande do Sul, grande parte dos quais são banhados pelo Rio Taquari e têm sua história marcada pela colonização de imigrantes alemães, italianos e açorianos no século XIX (AGOSTINI; GREVE, 2009).

Geograficamente, o Vale do Taquari está situado a aproximadamente 117 km de Porto Alegre, na região central do estado do Rio Grande do Sul. A ocupação dessa área foi impulsionada, principalmente, pela fertilidade das terras e pelas várzeas do Rio Taquari e seus afluentes, que também facilitaram o escoamento da produção e a comunicação com a capital (AGOSTINI; GREVE, 2009).

⁶ Disponível em: <https://mup.rs.gov.br/>. ADA Versão 27/04/2024. Acesso em 23 de agosto de 2024.

⁷ COREDEs – Conselhos Regionais de Desenvolvimento - Fóruns constituídos e órgãos legalmente instituídos no Estado do Rio Grande do Sul para discutir estratégias e propor políticas e ações voltadas ao desenvolvimento regional. (SIEDENBERG, 2004, p.135)

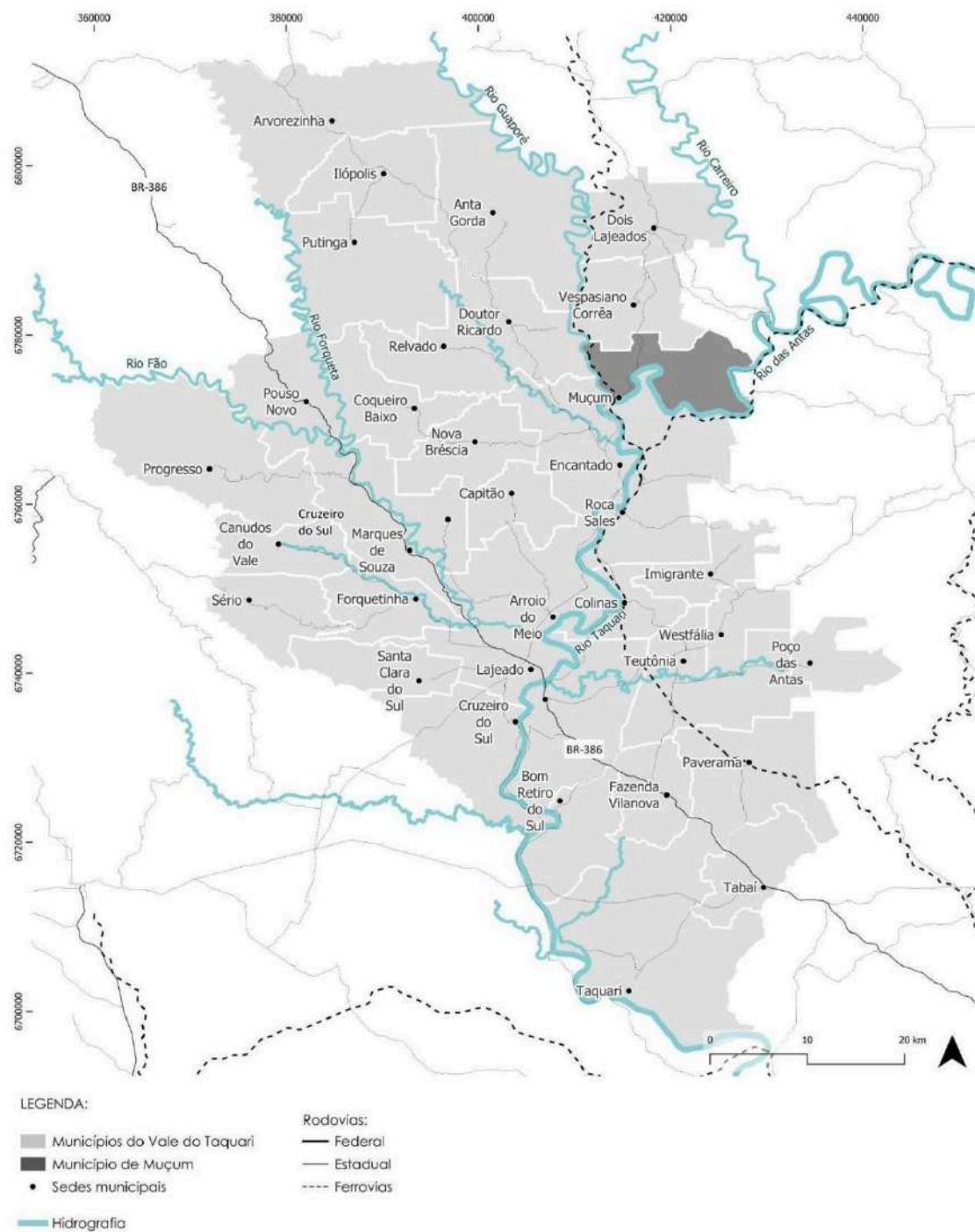
O Vale do Taquari apresenta atualmente uma população de 352.797 habitantes, concentrados em uma área de aproximadamente 4.825,81 km² (IBGE, 2022). Em 2021 o PIB per capita do Vale do Taquari chegou a R\$ 49.496,39, já o Produto Interno Bruto (PIB) da região superou R\$19 bilhões. A indústria respondia por 33% desse total, o setor de serviços por 41%, a agropecuária por 13% e a administração pública por 13% (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Ainda, de acordo com o Plano Estratégico de Desenvolvimento (AGOSTINI *et al.*, 2017) quanto a dimensão econômica, a região apresenta diversas potencialidades, como a diversificação produtiva no agronegócio (agricultura e pecuária), a variedade de cadeias produtivas, a forte presença do associativismo e cooperativismo, a disponibilidade de acessos rodoviários, a abundância de recursos hídricos e uma forte articulação e participação regional.

Quanto ao crescimento populacional da região nos últimos anos, houve uma significativa mudança: em 1970, 74,27% da população era rural, enquanto em 2010, 73,84% da população passou a ser urbana, praticamente invertendo os índices demográficos (IBGE, 1970; IBGE, 2022). De acordo com o Perfil Socioeconômico (2015), a região é servida por modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, o que lhe confere uma posição estratégica favorável ao desenvolvimento socioeconômico.

Na figura 2 é possível identificar os Municípios que fazem parte do Vale do Taquari e os principais rios que compõem a hidrografia da região:

Figura 2: Mapa do Corede Vale do Taquari, com o município de Muçum destacado.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018) e limites municipais (IBGE, 2022).

No contexto do Vale do Taquari, o município de Lajeado é considerado o principal centro regional do Vale do Taquari, classificado como capital regional C (IBGE, 2020) e possui uma taxa de urbanização de 99,6%, superando a média nacional de 84,2% (IBGE, 2010). O

Município de Muçum situa-se a cerca de 43 km de distância de Lajeado e a cerca de 157 km de Porto Alegre, capital do estado. Na figura a seguir é possível visualizar a localização do Município de Muçum no Estado do Rio Grande do Sul e sua posição em relação ao Município de Lajeado, principal centro regional, e da capital do Estado, Porto Alegre.

Figura 3: Diagrama de localização e articulação do Vale do Taquari, Lajeado e Muçum com Porto Alegre.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

2.4. O Município de Muçum

Conforme publicação do IBGE (2021), Muçum está situado na Mesorregião Centro Oriental Rio-grandense, na Microrregião Lajeado-Estrela, na Região Intermediária Santa Cruz do Sul-Lajeado e na Região Imediata Encantado. Já a população do município é de 4.601 habitantes, segundo o Censo do IBGE de 2022.

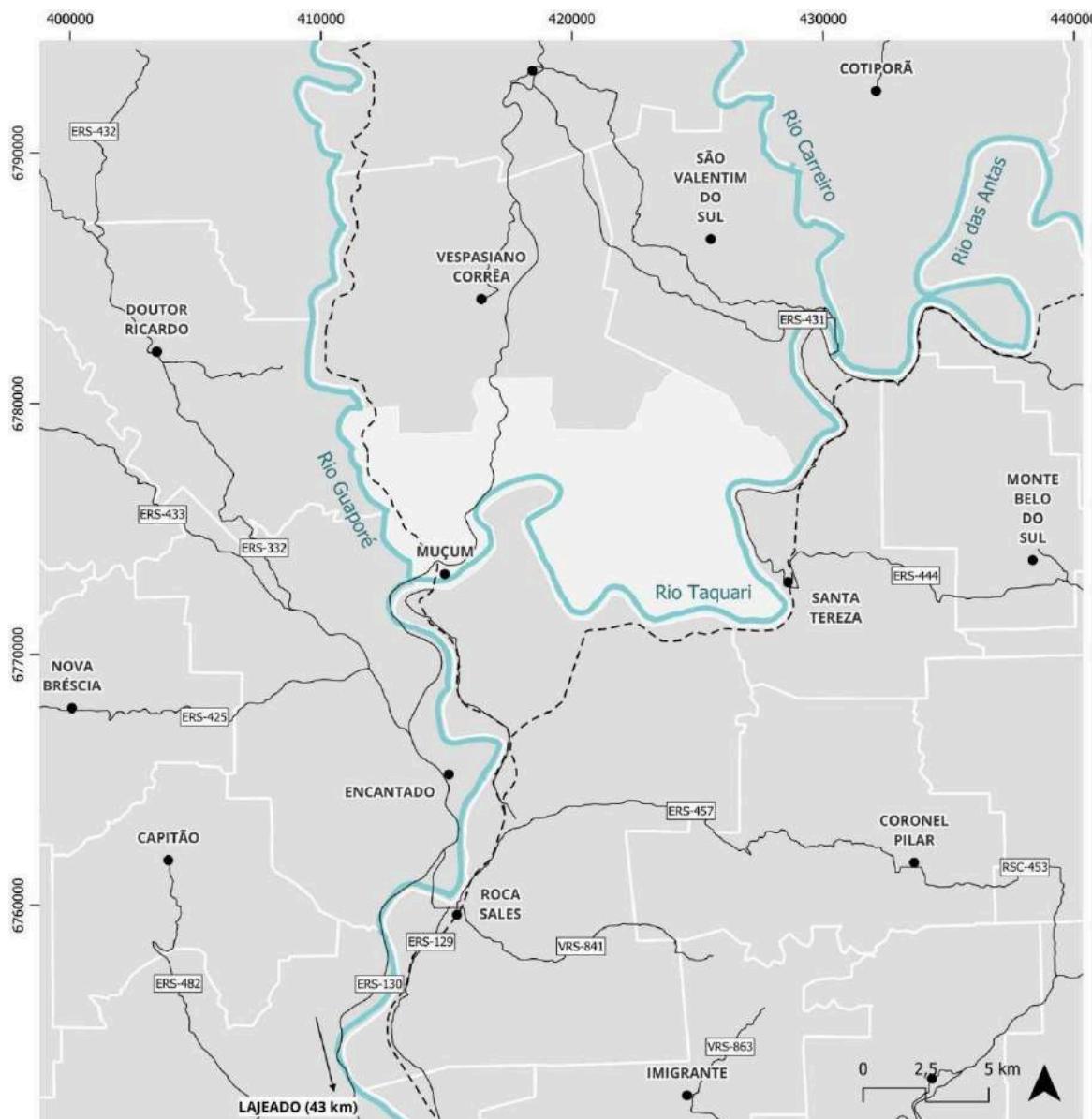
O município está localizado a 157 km de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, e tem uma área aproximada de 112 km² (IBGE, 2022). Tem como limítrofes os municípios de Encantado, Roca Sales, Santa Tereza, São Valentim do Sul, Vespasiano Corrêa e Doutor Ricardo. O acesso principal ao município se dá pela RS-129, que conecta Muçum aos municípios de Vespasiano Corrêa e Encantado e à ERS-130.

A ERS-130, que se interliga com a ERS-129, dá acesso às cidades de Arroio do Meio e Lajeado, além de ligar-se à BR-386 e, consequentemente, ao restante do estado. Já o acesso de Muçum ao município de Doutor Ricardo acontece pela ERS-332, passando pelo município de Encantado. Muçum possuía conexão direta à área rural do município de Roca Sales por meio da Ponte Rodoferroviária Brochado da Rocha, a qual rompeu-se na cheia de setembro de 2023. Atualmente a conexão com Roca Sales é realizada por meio da ERS-129, passando pelo município de Encantado.

Colonizada às margens do Rio Taquari, a cidade de Muçum foi povoada principalmente por imigrantes alemães e italianos, cujas culturas são amplamente refletidas nos costumes locais. Emancipou-se do município mãe, Guaporé, no dia 10 de julho de 1959, recebendo o nome de Muçum. Supõe-se que seu nome surgiu em função da cachoeira “Mussum” do Rio Taquari, onde se encontrava em abundância e ainda se encontra hoje, o peixe muçum (PREFEITURA DE MUÇUM, 2024).

A economia do município é representada em 11% pela agropecuária, 49% pela indústria e 40% pelo comércio e prestação de serviços (RIO GRANDE DO SUL, 2021). A economia do município é representada pelas seguintes principais atividades econômicas de comércio e serviço: indústrias do setor calçadista, moveleiro, curtume, frigorífico, higiene e limpeza e confecções, totalizando um valor adicionado de 94% da economia da cidade, além da piscicultura, suinocultura, oleicultura, bovinocultura de leite, avicultura de corte, e apicultura. As principais culturas da região, segundo a publicação Perfil das Cidades Gaúchas, são os grãos de milho e soja, cana de açúcar, laranjas e uvas totalizando 6% no valor adicionado da cidade (DATA SEBRAE, 2020). Ainda, em termos culturais, dentre as atrações turísticas do município destaca-se: a Ponte Rodoferroviária Brochado da Rocha, prévio ao seu rompimento, que deu à Muçum o título de Princesa das Pontes; a Gruta Nossa Senhora das Vitórias, a Casa de Pedra e o Rio Taquari. Os principais eventos são a ExpoMuçum, que acontece bianualmente, e a Semana Farroupilha, que acontece anualmente (PREFEITURA DE MUÇUM, 2024). Na figura a seguir é possível visualizar a delimitação territorial do Município de Muçum, bem como os municípios vizinhos e as áreas urbanizadas de cada um deles. Além disso, está apresentado o Rio Taquari que margeia o município ao sul.

Figura 4: Localização de Muçum e rodovias de conexão com os municípios vizinhos.



LEGENDA:

- Município de Muçum
- Municípios vizinhos
- Sedes municipais
- Hidrografia

Conexões viárias:

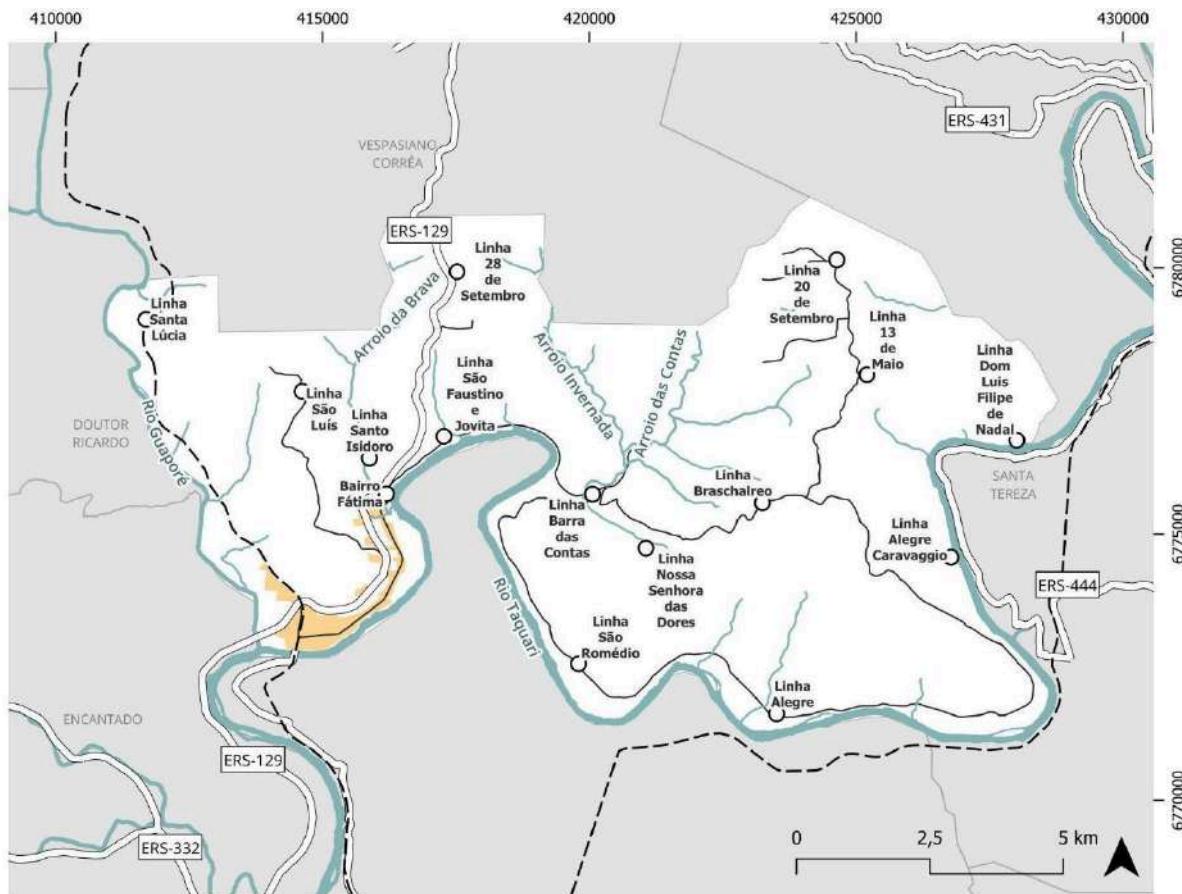
- Federal
- Estadual
- - - Ferrovia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), limites municipais (IBGE, 2022) e áreas urbanizadas (IBGE, 2019).

Já a figura 5 apresenta uma aproximação com o Município de Muçum, onde é possível identificar a mancha urbanizada, bem como as principais rodovias, as localidades e

cursos d'água que cortam o Município, com destaque para o Rio Taquari, Rio Guaporé e três importantes arroios: Arroio da Brava, Arroio Invernada e Arroio das Contas.

Figura 5: Mapa do município de Muçum.



LEGENDA:

- | | |
|---------------------------------|--|
| — Rodovias estaduais e federais |  Hidrografia |
| — Rodovias municipais |  Áreas urbanizadas de Muçum |
| -- Ferrovia |  Núcleos urbanos isolados |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), limites municipais (IBGE, 2022) e áreas urbanizadas (IBGE, 2019).

2.4.1. Contexto Urbano

O município de Muçum surgiu às margens do Rio Taquari, onde encontra-se inserida a sede municipal. O desenvolvimento da área urbana não pôde se estender no sentido norte e leste, em função do limite da topografia, condicionando o desenvolvimento urbano no sentido sul, ao longo das margens do Rio Taquari.

O principal acesso ao município é feito pela rodovia ERS-129. Além dessas, cruza o município a conexão férrea que faz parte da Ferrovia do Trigo, que inicia em Roca Sales e termina na ligação com a Ferrovia Marcelino Ramos-Santa Maria, em Passo Fundo. Na área urbana identifica-se a infraestrutura cicloviária ao longo da Avenida Nossa Sra. de Fátima. Essa inicia no entroncamento da Av. Nossa Sra. de Fátima com a Linha São Luís, e se estende até a confluência da Av. Nossa Sra. de Fátima com a Av. São Cristóvão. A ciclovia, localizada no bairro Fátima, possui extensão de 1.840 metros e foi aprovada e executada no ano de 2022 (PREFEITURA DE MUÇUM, 2024). Nas figuras a seguir é possível visualizar a infraestrutura cicloviária em registro (Figura 6) coletado em visita técnica ao município, bem como um mapa (Figura 7) que ilustra a extensão da ciclofaixa, localizada em passeio compartilhado.

Figura 6: Registro da Infraestrutura Cicloviária em Muçum.



Fonte: Registro em Visita Técnica da Equipe Planejamento Territorial Univates em Muçum.

Figura 7: Localização da Infraestrutura cicloviária em Muçum.



LEGENDA:

Pontos de referência

- ① Curtume CBR
- ② Estação Ferroviária
- ③ Estação Rodoviária
- ④ Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação
- ⑤ Ponte Rodoferroviária Brochado da Rocha

- Rodovias
- Ferrovia
- Vias
- Hidrografia
- - - Infraestrutura Cicloviária

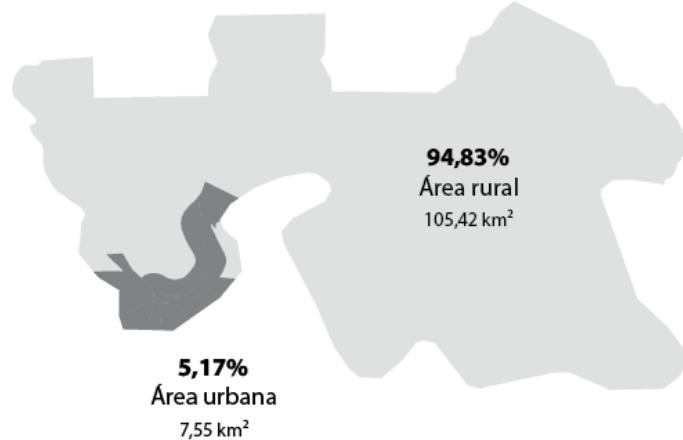
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

Muçum possui uma área rural extensa, equivalente a 105,42km², o que representa cerca de 18,33 vezes a área urbana do município, equivalente a 7,55km², considerando a área urbana definida pelo IBGE (2010). Na área rural, identifica-se a existência das seguintes localidades: Linha Alegre, Linha Alegre Caravaggio, Linha Barra das Contas, Linha Santo

Isidoro, Linha Santa Lúcia, Linha Nossa Senhora das Dores, Linha São Faustino e Jovina, Linha 28 de Setembro, Linha Braschalreo, Linha São Romédio, Linha Dom Luis Felipe de Nadal, Linha 20 de Setembro, Linha 13 de Maio, Linha Coronel Maia, Comunidade São Jorge e Linha São Luís. A Linha São Luís é, segundo dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Muçum, para onde tem-se a intenção de expansão do município, a qual se estende até o limite com o município de Vespasiano Corrêa. As localidades podem ser observadas na Figura 5, apresentada anteriormente.

Já a figura 8, a seguir, apresenta um comparativo entre a área urbana e a área rural de Muçum e as porcentagens que as representam.

Figura 8: Diagrama comparativo entre a área urbana e a área rural de Muçum.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do IBGE (2010).

Quanto à mancha de ocupação urbana, foram utilizadas as áreas urbanizadas identificadas pelo IBGE para o ano de 2019, classificadas em áreas densas, pouco densas e loteamentos vazios. Conforme a metodologia do IBGE (2022a), áreas densas são manchas de ocupação urbana contínuas que apresentam maior proximidade entre as edificações, com poucos espaços vazios ou arborizados e grande capilaridade de vias. Comumente, apresentam arruamento bem definido, à exceção de algumas áreas de Aglomerados Subnormais⁸, incluem espaços de construções adjacentes sem espaço livre ao seu redor, ou

⁸ Antiga denominação adotada pelo IBGE (2020a, p. 5), como “formas de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia (públicos ou privados) para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas que apresentam restrições à ocupação”. A nova denominação, que foi discutida amplamente pelo IBGE com movimentos sociais, comunidade acadêmica e diversos órgãos governamentais, será “Favelas e Comunidades Urbanas” (IBGE, 2024).

com pequenos quintais. Tais áreas são mais características de centros urbanos, porém é possível também encontrar pequenas localidades com número de edificações inferior a 50 que sejam densas, segundo a sua proximidade (IBGE, 2022a).

Já as áreas pouco densas são caracterizadas por feições urbanas compostas por edificações espaçadas entre si (características das áreas em processo de ocupação de periferias de Cidades e de localidades afastadas dos centros urbanos) que, muitas vezes, apresentam arruamento pouco definido e sem asfaltamento, caminhos e trilhas (IBGE, 2022a).

Por fim, as áreas de loteamentos vazios são definidas como aquelas áreas alteradas pela ação antrópica, presumivelmente destinadas a serem áreas urbanizadas, com arruamentos bem definidos e delimitados (IBGE, 2022a). Nestas áreas, as edificações estão ausentes ou em quantidade insuficiente para classificação como área urbanizada pouco densa. Em termos conceituais, o IBGE (IBGE, 2022a) considera que os loteamentos vazios ainda não estabeleceram as relações que caracterizam o modo de vida urbano, não sendo considerados, portanto, como áreas urbanizadas propriamente ditas, mas sim apontam uma tendência de expansão delas. Nesse sentido, no cômputo de áreas urbanizadas, é realizado o somatório das áreas densas e pouco densas, enquanto as áreas de loteamentos vazios são apresentadas em separado.

A partir disso, na figura 9 é possível visualizar o contexto da sede urbana de Muçum, onde as áreas urbanizadas, classificadas conforme a densidade, estão divididas em áreas densas e pouco densas. As áreas densas se concentram na área central, onde se consolidou o município de Muçum, além de se estender, de forma pontual, em loteamentos ao longo da ERS-129 e Av. Santa Lúcia. As áreas pouco densas encontram-se ao longo da Av. Nossa Senhora de Fátima, bem como na porção norte da ERS-129, próximo ao ponto nodal que conecta a avenida à rodovia. É notável que as áreas mais densas do município encontram-se cercadas de cursos hídricos importantes, sendo às margens do Rio Taquari, a sul, e em áreas próximas ao Rio Guaporé, a noroeste, ao longo da Av. Santa Lúcia. O Rio Taquari é o curso hídrico que exerce maior influência na área urbanizada de Muçum, uma vez que o município se desenvolveu às margens deste.

Figura 9: Mapa ampliado da sede urbana do município de Muçum com manchas de densidade.



LEGENDA:

Áreas urbanizadas - Densidade		Rodovias
Densa		Ferrovia
Loteamento vazio		Vias
Pouco densa		Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), áreas urbanizadas (IBGE, 2019) e limites municipais (IBGE, 2022).

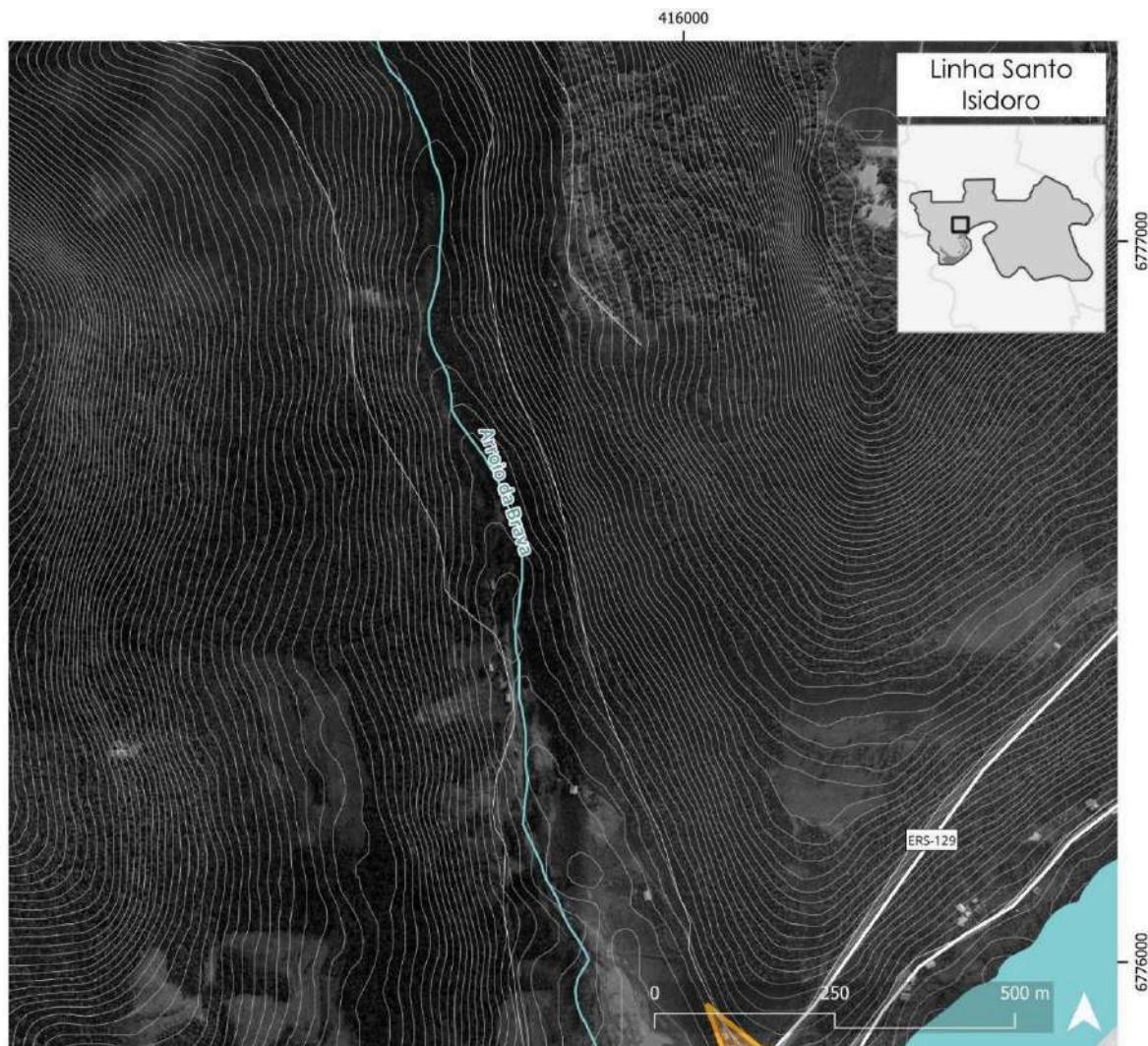
Figura 10: Vista aérea do município de Muçum, às margens do Rio Taquari.



Fonte: Acervo Jornal A Hora (2022)⁹.

⁹ Disponível em:
<https://grupoahora.net.br/conteudos/2022/05/31/mucum-celebra-63-anos-com-forte-ascenso-no-setor-pri-mario/>. Acesso em: 07 out. 2024.

Figura 11: Mapa ampliado da Linha Santo Isidoro no município de Muçum.



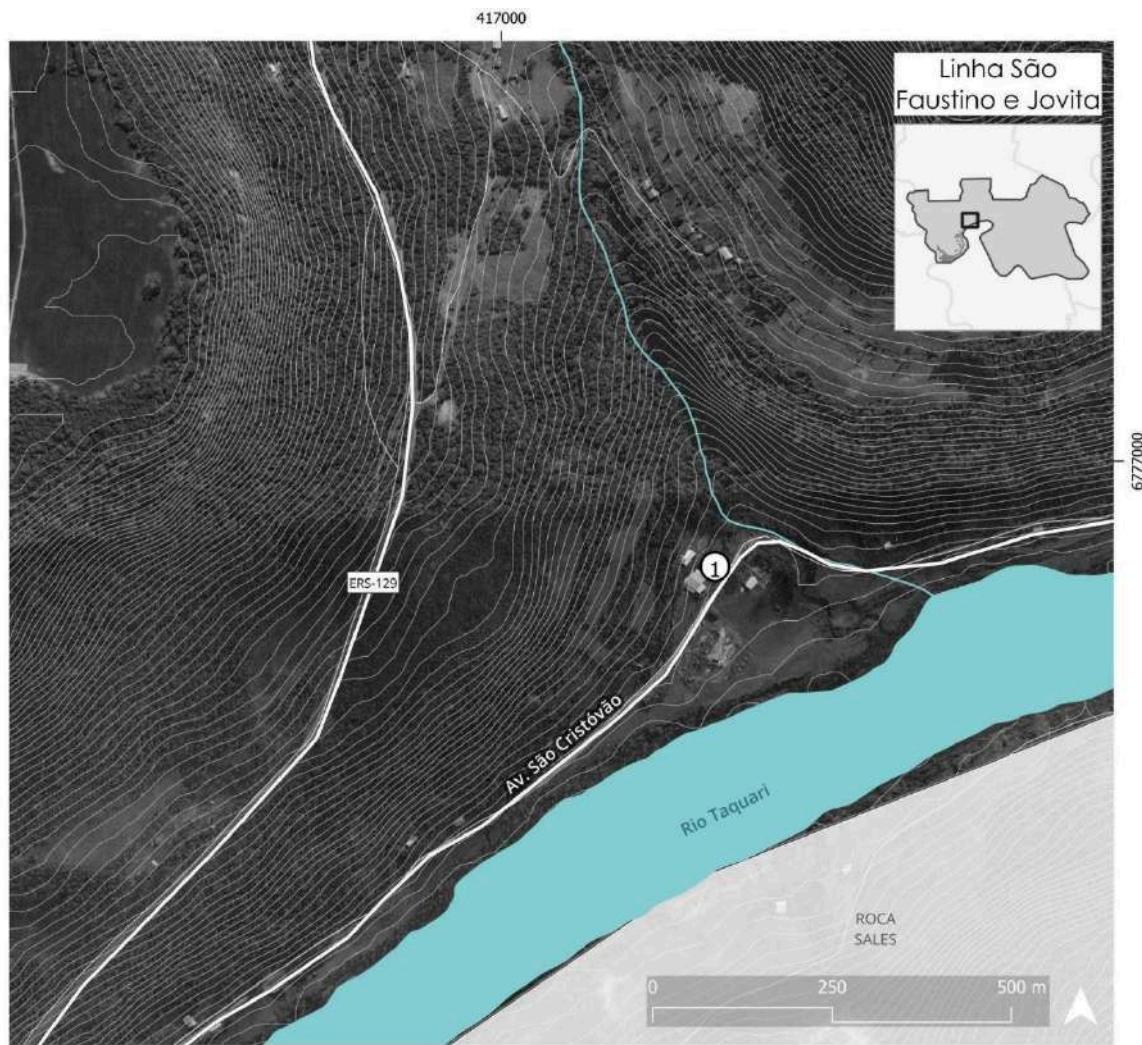
LEGENDA:

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais

Fonte: Elaboração própria com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), áreas urbanizadas (IBGE, 2019) e limites municipais (IBGE, 2022).

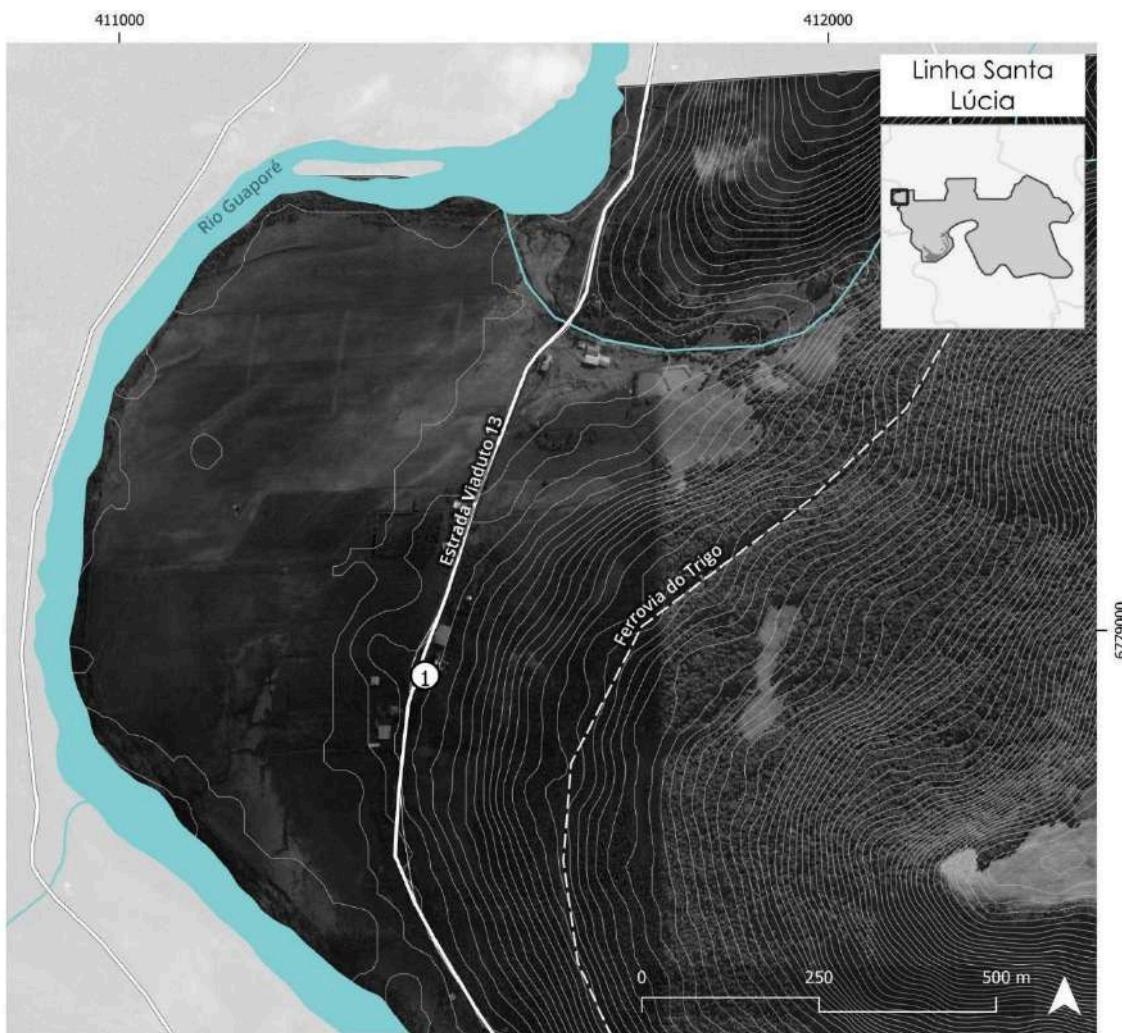
Além da sede urbana, na figura acima é possível visualizar a localidade de Linha Santo Isidoro. Essa constitui uma área de baixa densidade, ainda que não esteja com a densidade mapeada pelo IBGE (2019), por ter algumas edificações pulverizadas ao longo da linha. Devido à sua localização às margens do Arroio da Brava e por estar em uma área caracterizada como um vale, sofreu com os danos oriundos das inundações e movimentos de massa. Esses danos podem ser conferidos nas figuras 65 e 73, que demonstram os movimentos de massa e a mancha de inundação nessa localidade.

Figura 12: Mapa ampliado da Linha São Faustino e Jovita no município de Muçum.



Na figura 12 é possível visualizar a localidade de Linha São Faustino e Jovita, que está localizada ao longo da Av. São Cristóvão. Essa linha constitui área de baixa densidade, ainda que não esteja com as densidades mapeadas pelo IBGE (2019). Devido à sua localização às margens do Rio Taquari e na encosta de um morro, sofreu com os danos oriundos das inundações e movimentos de massa. Esses danos podem ser conferidos nas figuras 66 e 74, que demonstram os movimentos de massa e a mancha de inundação nessa localidade.

Figura 13: Mapa ampliado da Linha Santa Lúcia no município de Muçum.



LEGENDA:

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais

Pontos de referência:

- ① Capela Santa Lúcia

Fonte: Elaboração própria com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), áreas urbanizadas (IBGE, 2019) e limites municipais (IBGE, 2022).

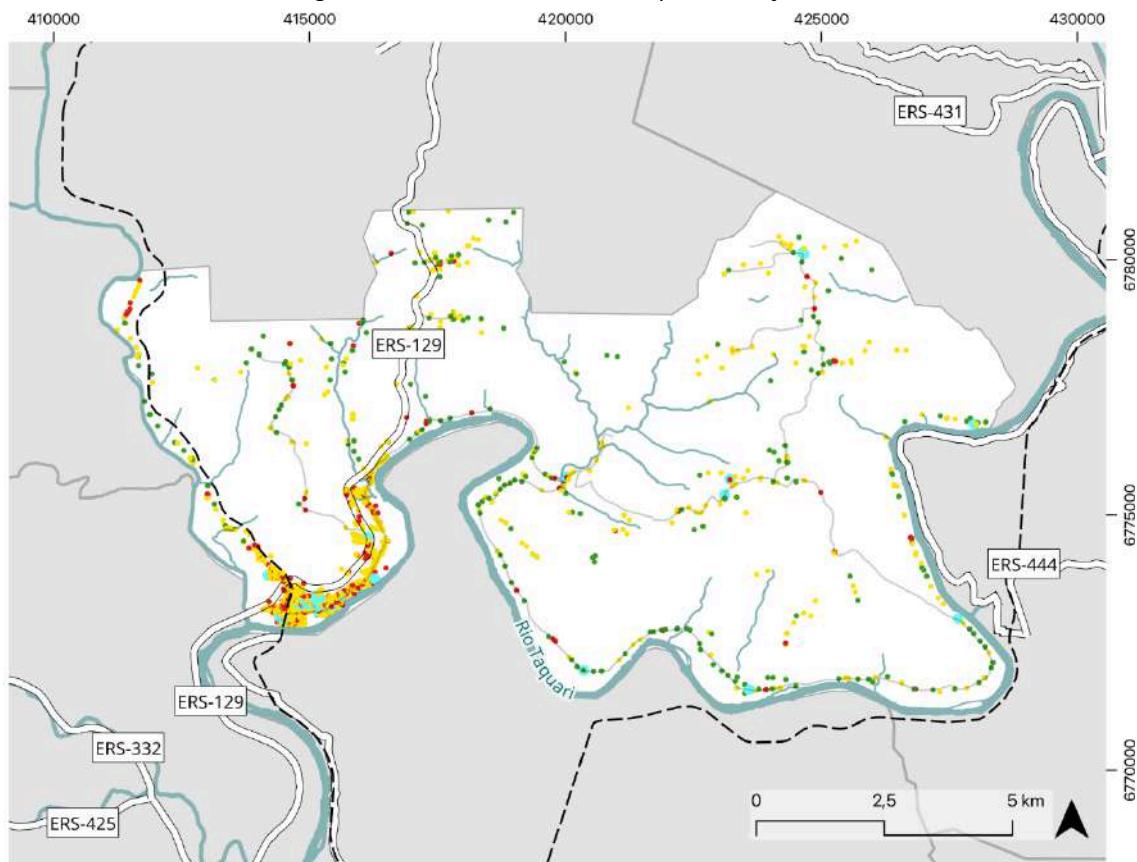
Já na figura 13 é possível visualizar a localidade de Linha Santa Lúcia, que estabeleceu-se ao longo da Estrada Viaduto 13, em direção à Vespasiano Corrêa. A Linha Santa Lúcia constitui área de baixa densidade, ainda que não esteja com as densidades mapeadas pelo IBGE (2019). Encontra-se próxima à área de planície do Rio Guaporé e adjacente à linha férrea da Ferrovia do Trigo. Esses danos podem ser conferidos nas figuras

67 e 75, que demonstram os movimentos de massa e a mancha de inundação nessa localidade.

Quanto ao uso do solo, foram usados dados dos endereços do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE (IBGE, 2022), que podem ser classificados conforme seus usos e permitem uma leitura sobre a distribuição de uso do solo e atividades desenvolvidas no município. Para fins de análise visual, as categorias do CNEFE foram agrupadas da seguinte forma: a) Residencial, que agrupa as categorias domicílio particular e domicílio coletivo; b) Outras finalidades, que se refere à categoria estabelecimentos de outra finalidade, representando a atividade comercial e industrial; c) Institucional, que agrupa estabelecimentos de educação, saúde e religiosos; d) Agropecuária, que se refere aos estabelecimentos agropecuários.

Analisando o mapa da figura 14, é possível identificar que a ocupação de uso residencial se concentra em abundância na área urbana, sendo, na área rural, mais pulverizada ao longo do território. De modo geral, os usos residencial e de agropecuária se concentram próximos à rodovia ERS-129, principal via de acesso à cidade e conexão viária para a Serra Gaúcha e áreas ao norte, além de estar próximo a cursos hídricos.

Figura 14: Usos do solo no município de Muçum.



LEGENDA:

Espécie do endereço:

- Residencial
- Agropecuária
- Institucional
- Outras finalidades

-- Ferrovia

— Rodovias estaduais e federais

— Rodovias municipais

■ Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

O uso do solo se apresenta bastante diversificado na área urbana (Figura 15), de uso predominantemente residencial, com usos institucionais que se concentram na Av. Borges de Medeiros e seu entorno imediato. Ao aproximar-se das margens do Rio, onde a cidade se desenvolveu ao longo dos anos, observa-se em sua maioria edificações de uso residencial, algumas comerciais e uma indústria de curtimento de couro. À medida que nos aproximamos da porção norte, é possível observar edificações industriais, principalmente ao longo da Avenida Nossa Sra. de Fátima, local fortemente afetado pelas enchentes.

Figura 15: Usos do solo na sede municipal de Muçum.



LEGENDA:

Espécie do endereço	Pontos de referência	
• Agropecuária	① Curtume CBR	Rodovias
• Institucional	② Estação Ferroviária	Ferrovia
• Outras finalidades	③ Estação Rodoviária	Vias
• Residencial	④ Igreja N.S. da Purificação	Hidrografia
	⑤ Ponte Rodoferroviária	

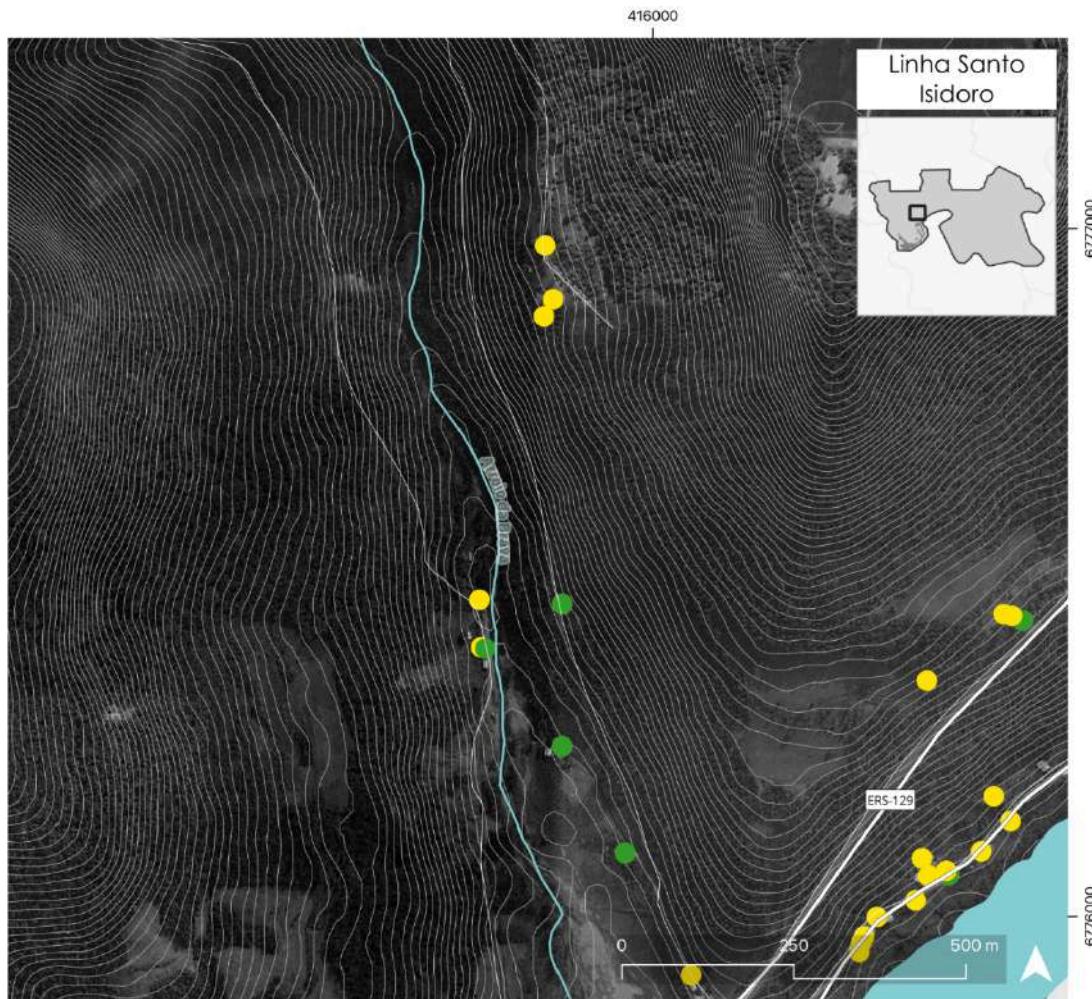
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

Referente aos equipamentos básicos, o município conta com a Praça do Imigrante Italiano, localizada na Rua Fernando Demarchi, com a Praça Cristóvão Colombo, localizada junto à Rua Coberta e à Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação. Conta também com o Hospital Beneficente Nossa Senhora Aparecida, além de uma Unidade de Saúde da Família. No setor educacional, Muçum possui a escola estadual, E.E.E.M. General Souza Doca, a

escola de ensino fundamental, E.M.E.F. Jardim Cidade Alta, bem como a escola de educação infantil, E.M.E.I. Família Feliz. Também é atendido por diversos supermercados na região, assim como comércios e serviços variados.

Na figura 16 observa-se os usos do solo na Linha Santo Isidoro, que estão dispersos no território e se caracterizam exclusivamente como residencial e de agropecuária.

Figura 16: Usos do solo na Linha Santo Isidoro de Muçum.



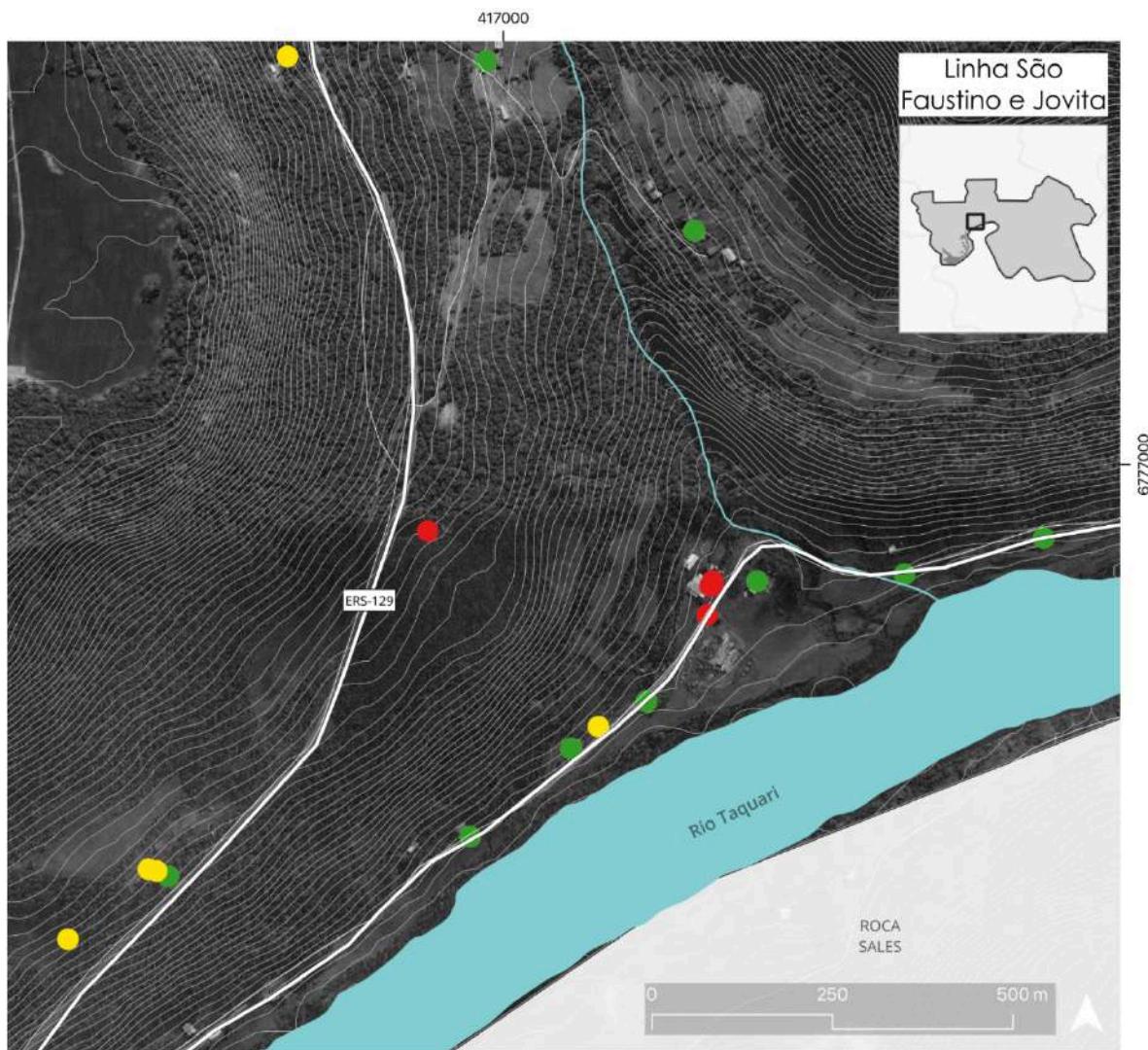
LEGENDA:

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Espécie do endereço | — Rodovias federais e estaduais |
| ● Agropecuária | — Vias municipais |
| ● Institucional | |
| ● Outras finalidades | |
| ● Residencial | |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Unives com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

Na figura 17 observa-se que os usos do solo na Linha São Faustino e Jovita é mais pontual e se caracteriza de forma uniforme, sendo residencial, agropecuária e de outras finalidades. Observa-se também que os usos de outras finalidades e agropecuária encontram-se próximos a um curso hídrico que desemboca no Rio Taquari.

Figura 17: Usos do solo na Linha São Faustino e Jovita de Muçum.



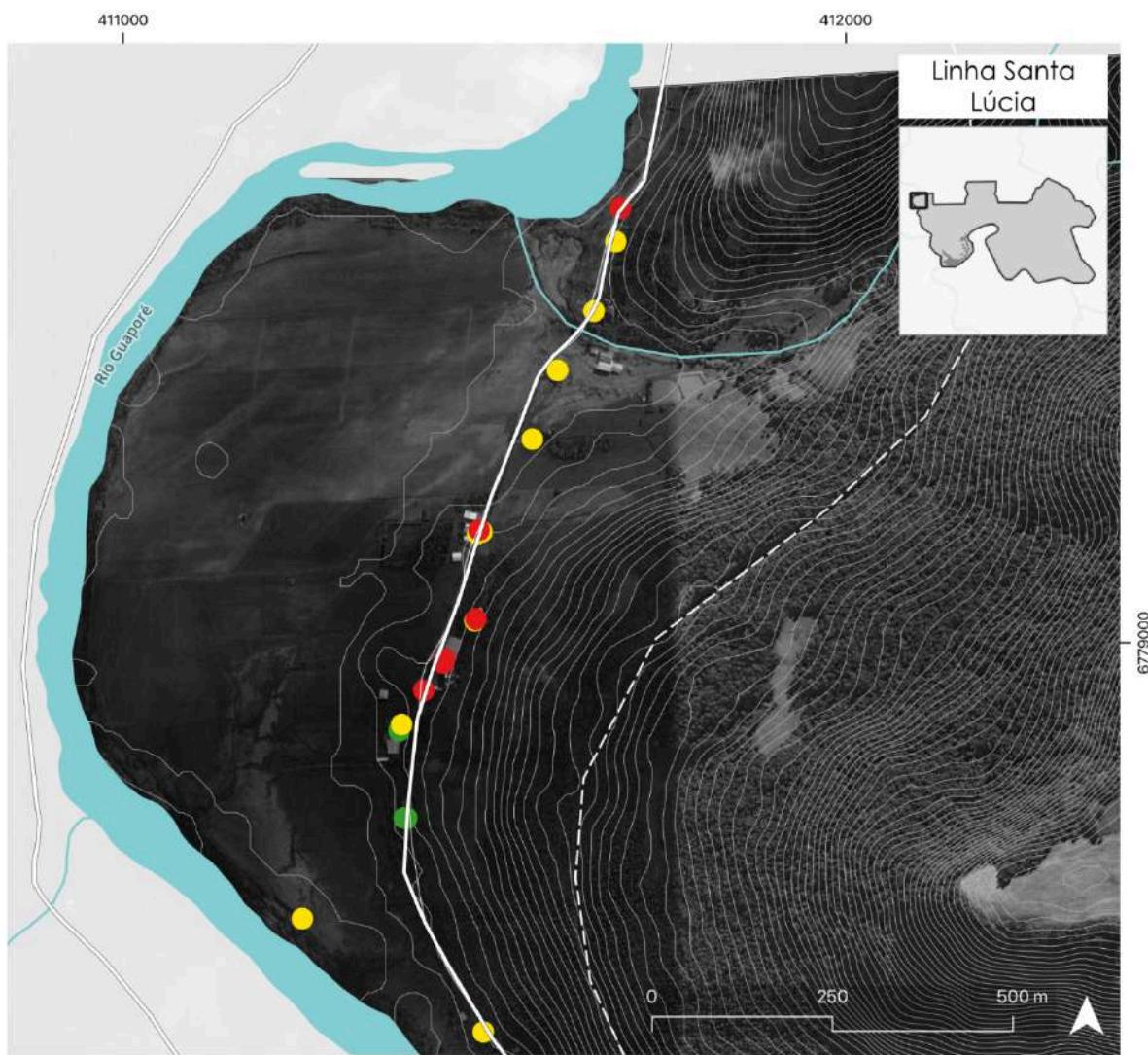
LEGENDA:

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Espécie do endereço | — Rodovias federais e estaduais |
| ● Agropecuária | — Vias municipais |
| ● Institucional | |
| ● Outras finalidades | |
| ● Residencial | |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

Por fim, na figura 18, é possível observar os usos do solo predominantemente concentrados ao longo da Estrada Viaduto 13, na Linha Santa Lúcia. Esses se caracterizam como usos residenciais, usualmente próximos aos usos de agropecuária, bem como usos de outras finalidades, mais dispersos no território.

Figura 18: Usos do solo na Linha Santa Lúcia de Muçum.



LEGENDA:

- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| Espécie do endereço | — Rodovias federais e estaduais |
| ● Agropecuária | — Vias municipais |
| ● Institucional | |
| ● Outras finalidades | |
| ● Residencial | |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

Em relação ao histórico de cheias, trata-se de um município que lida com cheias frequentes e sua referência para a medição das cotas é feita a partir do Rio Taquari. Segundo Marcuzzo e Pinto (2023), as cotas estão classificadas como: de atenção, aos 5m; de alerta, aos 9m e de inundação, aos 18m. Obteve-se registro de que até 2020, as maiores cheias registradas na história do município aconteceram em outubro de 2001, quando o Rio Taquari atingiu a cota de 21m e em julho de 2011 atingiu a cota de 20,10m. Cerca de uma década depois, a cheia de 2020 tornou-se a maior registrada até o momento, atingindo a cota de 22m (MARCUZZO; PINTO, 2023).

Figura 19: Registro da inundação de 2001 em Muçum.



Fonte: Acervo de Julia Morigg¹⁰.

Em setembro de 2023, essa marca foi superada por uma nova cheia, em que o Rio Taquari atingiu a cota de 26,11m. Meses depois, em novembro de 2023, Muçum foi novamente atingida por outra grande cheia, ainda inferior à de setembro, mas que cobriu 60% da área urbana do município, tendo o Rio Taquari atingido a cota de 23m (GZH, 2024a). Já na enchente de maio de 2024, a marca atingida pelo Rio Taquari em Muçum foi de 26m

¹⁰ Disponível em:

<https://www.facebook.com/photo/?fbid=493040444118124&set=gm.1399054143645881&id=1395867767297852>

(MARCUZZO et al, 2024). Os eventos de inundação de setembro de 2023 e maio de 2024, os maiores registrados no município, atingiram cerca de 80% da área urbana de Muçum (GZH, 2024b; O GLOBO, 2024).

As medições são realizadas em régua física, monitorada pela estação fluviométrica Muçum (86510000), localizada na Rua Marechal Floriano Peixoto, nas coordenadas -29°10'01,8947, -51°52'07,8212 (MARCUZZO et al, 2024). Além disso, devido a sua amplitude topográfica significativa, em 30 de abril de 2024, Muçum registrou inúmeras ocorrências de movimentos de massa e deslizamentos (MARCUZZO et al, 2024).

Nas figuras a seguir é possível observar os danos causados pelas inundações de setembro de 2023 e maio de 2024 na área urbana do município de Muçum.

Figura 20: Área central de Muçum na enchente de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Luís Gustavo Betinelli, fornecido por Prefeitura Municipal de Muçum, 2023.

Figura 21: Vista aérea do cemitério municipal de Muçum, após a enchente de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Semeia EMAU, mapeamento de conjuntos, 2023.

Figura 22: Vista aérea ao lado do cemitério municipal, após a enchente de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Semeia EMAU, mapeamento de conjuntos, 2023.

Figura 23: Vista aérea do Bairro Fátima, após a enchente de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Semeia EMAU, mapeamento de conjuntos, 2023.

Figura 24: Lodo cobrindo a cidade após enchente de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Luís Gustavo Betinelli, fornecido por Prefeitura Municipal de Muçum, 2023.

Figura 25: Vista aérea de Muçum durante a enchente de maio de 2024.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

Figura 26: Leito do rio após enchente de maio de 2024.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

Figura 27: Dejetos trazidos pela enchente de maio de 2024.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

Percebe-se que ao longo da Rua Barão do Rio Branco, na área central e onde se concentram edificações de caráter histórico, tais edificações foram significativamente atingidas. Nas figuras 28, 29 e 30 é possível observar as edificações de caráter histórico durante e após as inundações.

Figura 28: Rua Barão do Rio Branco, quando o nível da água começa a baixar, em setembro de 2023.



Fonte: Acervo Luís Gustavo Betinelli, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum (2023).

Figura 29: Edificação onde localiza-se a Estação Rodoviária de Muçum, na Rua Barão do Rio Branco, após inundações de setembro de 2023.



Fonte: Acervo Luís Gustavo Betinelli, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum (2023).

Figura 30: Danos em edificação histórica na Rua Barão do Rio Branco, após enchente de maio de 2024.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

2.4.2. Contexto Físico e Ambiental

A seguir estão apresentados aspectos físicos e ambientais do Município de Muçum, incluindo especificações do clima predominante, as unidades de paisagem, a geomorfologia e os tipos de solo e aspectos dos recursos hídricos.

2.4.2.1. Clima

O Plano Estratégico do Vale do Taquari (AGOSTINI *et al.*, 2017) aponta que a dinâmica das massas de ar e as variações de altitude influenciam fortemente no clima do Vale do Taquari. A região é afetada pela Massa de Ar Polar Atlântica, que ao interagir com as Massas Tropicais Atlântica e Continental, formam frentes frias que causam as chuvas predominantes durante o inverno. No verão, as massas de ar Tropical Atlântica e Continental dominam, trazendo calor e umidade que favorecem chuvas rápidas e localizadas (AGOSTINI *et al.*, 2017).

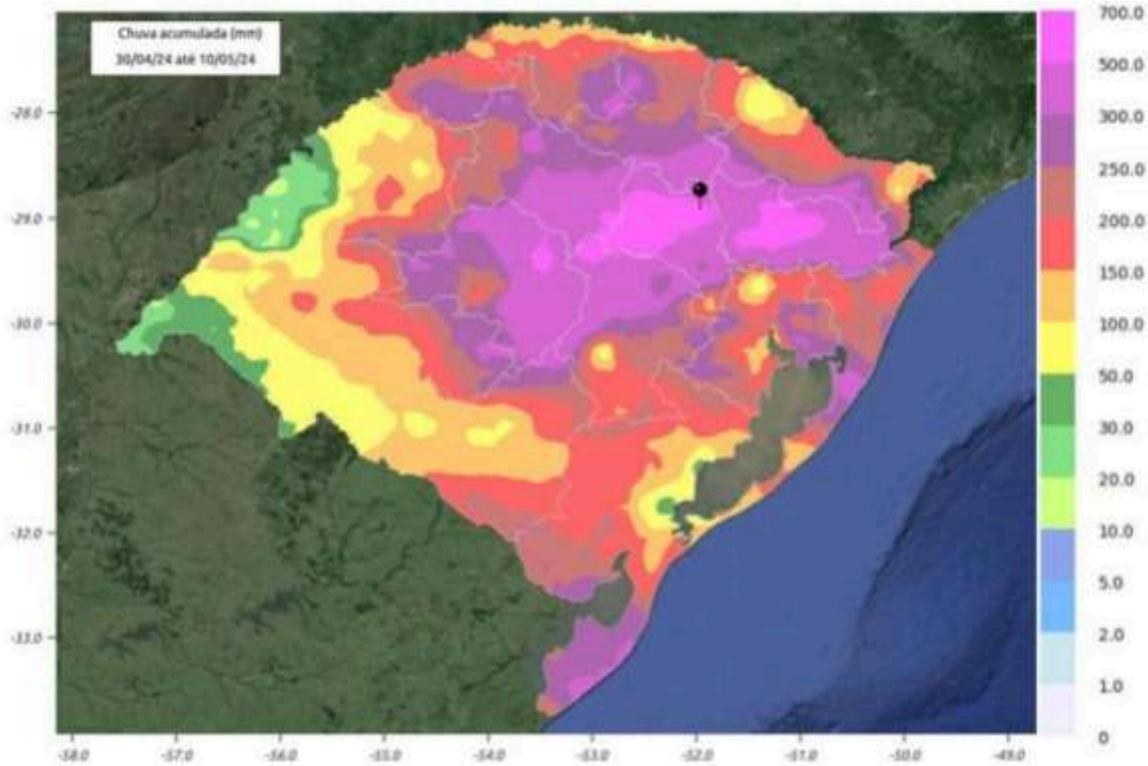
De acordo com o sistema de classificação de Köppen (2016) que considerou o período de análise de dados de 1980 a 2016, Muçum, no Vale do Taquari, é enquadrado na classificação climática CFA. Essa classificação é caracterizada pelo clima subtropical, com verão quente, que apresenta chuva durante todos os meses do ano e possui temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C. De acordo o Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGE *et al.*, 2012), os meses de maior umidade relativa do ar na região do município são junho e julho, onde a porcentagem varia de 78% a 50%.

Com relação às precipitações, o Rio Grande do Sul apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo o ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que penetram no território. O volume de chuvas, no entanto, é diferenciado. Ao sul a precipitação média situa-se entre 1.299 e 1.500 milímetros e, ao norte a média está entre 1.500 e 1.800 com maior precipitação são janeiro, setembro e outubro (RIO GRANDE DO SUL, 2022).

No ano de 2023, de acordo com a Nota Meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) “Balanço de inverno/2023 no Brasil”, a precipitação acumulada entre os dias 21 de junho e 21 de setembro de 2023 em Muçum chegou a 600 mm. Esse período foi marcado por chuvas e temporais constantes devido à passagem de frentes frias e ocorrência de ciclones extratropicais, gerando inundações e atingindo grande parte da cidade (INMET, 2023).

Na figura 31 é possível observar as precipitações no evento extremo de 30 de abril de 2024 a 10 de maio de 2024, onde a cidade teve um acumulado de chuva de 700 mm, sendo que a média anual é de 1700 a 1800 mm (EMATER/RS-ASCAR, 2024).

Figura 31: Chuva acumulada (mm) de 30/04/2024 a 10/05/2024, no Rio Grande do Sul, com demarcação do município de Muçum.



Fonte: Dados monitorados de MERGE/CPTEC/INPE (2024), adaptado pela Equipe de Planejamento Territorial Univates.

2.4.2.2. Unidades de Paisagem Natural

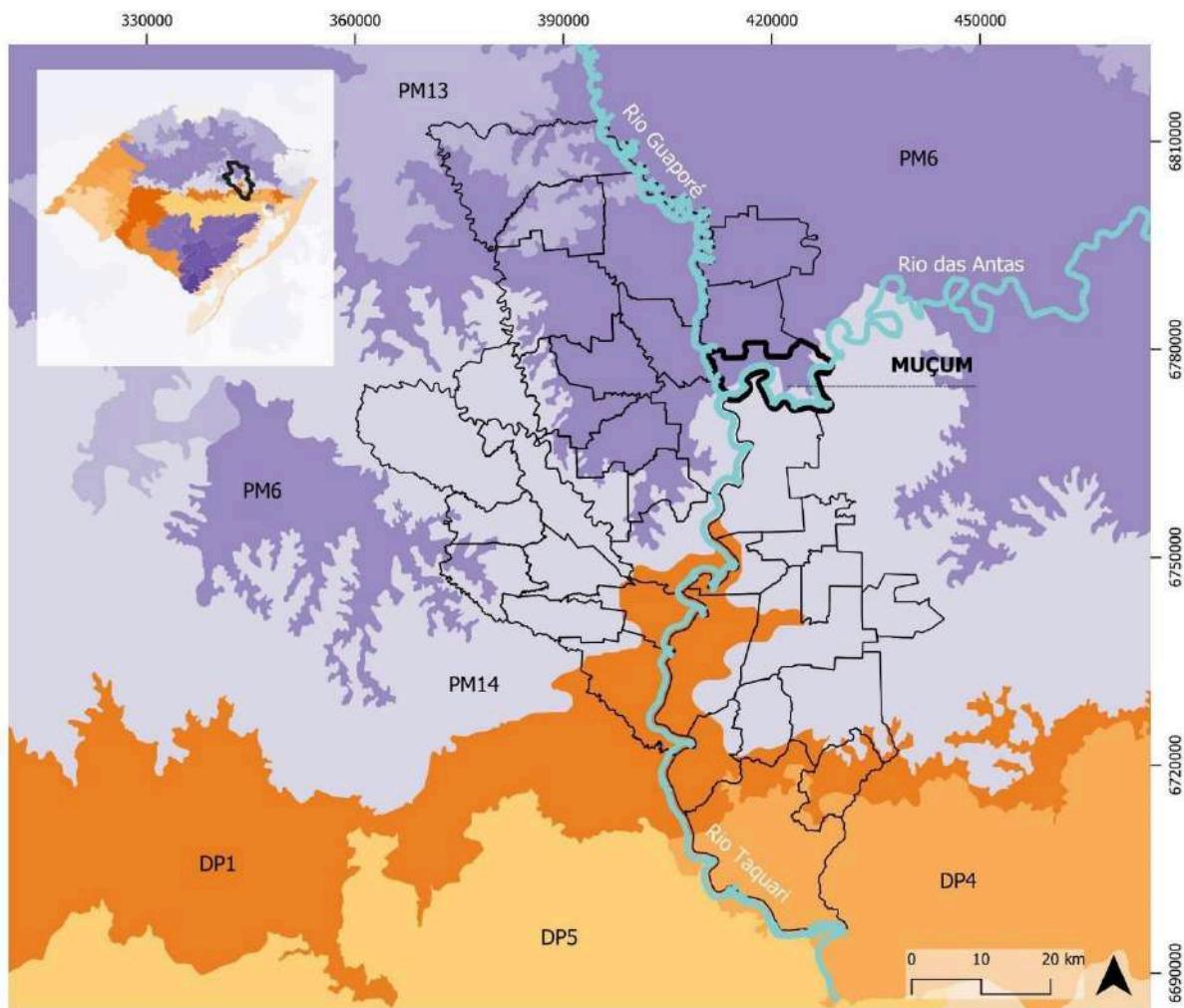
Uma Unidade de Paisagem considera os atributos abióticos, bióticos e antrópicos (Bertrand, 1978; Bolós, 1981 apud OLIVEIRA, S.N. et al., 2007), ou seja, efetua uma síntese cartográfica dos diferentes temas que compõem a paisagem, como: geologia, clima, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra (MARTINS et al., 2002 apud OLIVEIRA, S.N. et al., 2007).

No Rio Grande do Sul, as Unidades de Paisagem Naturais (UPN) foram estabelecidas pela FEPAM (2010a, 2010b). Sua nomenclatura foi definida com base na localização no território estadual, dividindo-se em cinco grupos: Planalto Meridional (PM); Depressão Central (DP); Planície Costeira (PL); Planalto da Campanha (PC); e Planalto ou Escudo Sul Rio-Grandense (PS). O Vale do Taquari, situado no encontro da Depressão Central com o

Planalto Meridional, abrange tanto Unidades de Paisagem relacionadas à Depressão Central quanto ao Planalto Meridional.

Muçum possui seu território na PM6, com porções sul e leste na PM14. A UPN-PM14, sob o aspecto do Vale, é constituída por Paverama, Fazenda Vilanova, Bom Retiro do Sul, Teutônia, Poço das Antas, Westfalia, Imigrante, Capitão, Travesseiro, Marques de Souza, Coqueiro Baixo, Pouso Novo, Progresso, Canudos, Sério, Forquetinha, Santa Clara do Sul, Muçum, Roca Sales, Cruzeiro do Sul, Arroio do Meio, Colinas, Estrela e Encantado. Já a UPN-PM6 corresponde a Arvorezinha, Ilópolis, Putinga, Anta Gorda, Dois Lajeados, Vespasiano Correa, Doutor Ricardo, Capitão, Nova Bréscia, Coqueiro Baixo, Relvado, Sério, Travesseiro, Muçum, Encantado e Arroio do Meio.

Figura 32: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari.



LEGENDA:

Unidades da paisagem:	■ PM6	□ Municípios do Vale do Taquari
DP1	■ PM13	■ Município de Muçum
DP4	■ PM14	
DP5		

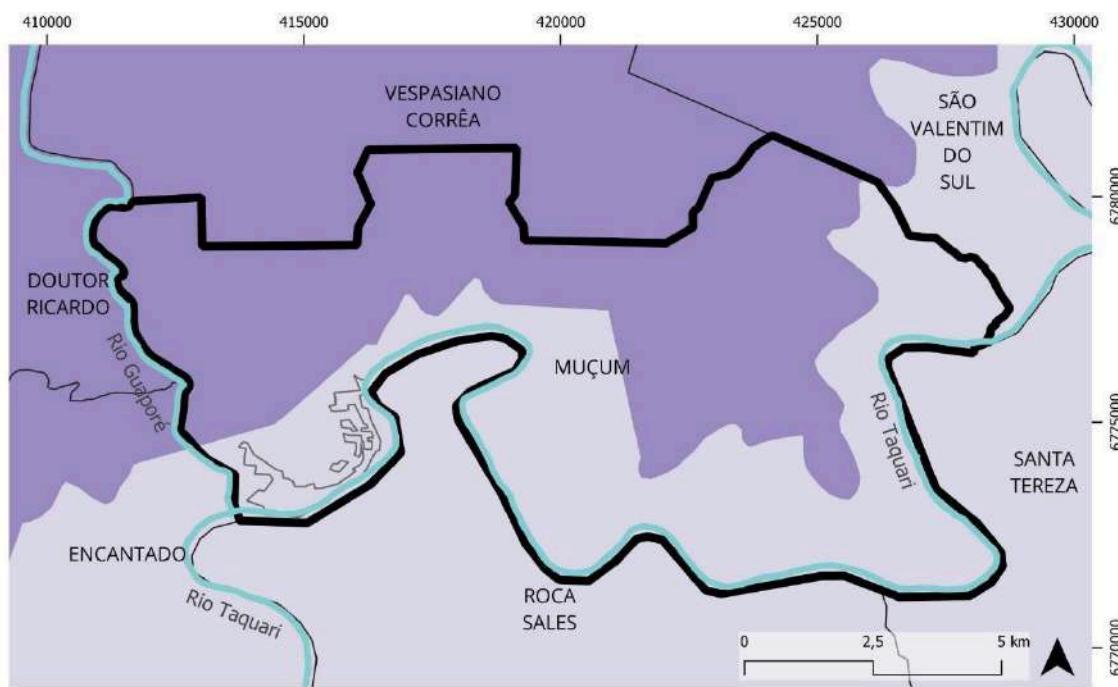
Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates com base nas Unidades de Paisagem Natural disponibilizadas pela FEPAM.

A Unidade de Paisagem PM6, predominante na porção norte de Muçum, de acordo com o Zoneamento Ambiental da Silvicultura da SEMA (2010) abrange a região do Planalto dos Campos Gerais, caracterizada principalmente pela presença da Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual, que se encontram em vales encaixados de rios, como os das bacias do Taquari e Antas. A região inclui nascentes dos rios Jacuí e Taquari-Antas, com matas de araucária e vales bem encaixados, com altitudes variando entre 200 e 1000 metros.

Atualmente, há um uso rural diversificado, onde muitas áreas de araucária foram desmatadas.

Ressalta-se que UPN-PM14 e UPN-PM6 se diferem principalmente na geomorfologia. Enquanto a UPN-PM14 se caracteriza por relevos acidentados, a UPN-PM6 possui uma topografia mais plana. Esse contraste entre as UPN citadas mostra a diversidade de relevos que constituem o território de Muçum.

Figura 33: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, ampliação no município de Muçum.



LEGENDA:

Unidades da paisagem:

■ PM6

■ PM14

□ Áreas urbanizadas de Muçum

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nas Unidades de Paisagem Natural disponibilizadas pela FEPAM.

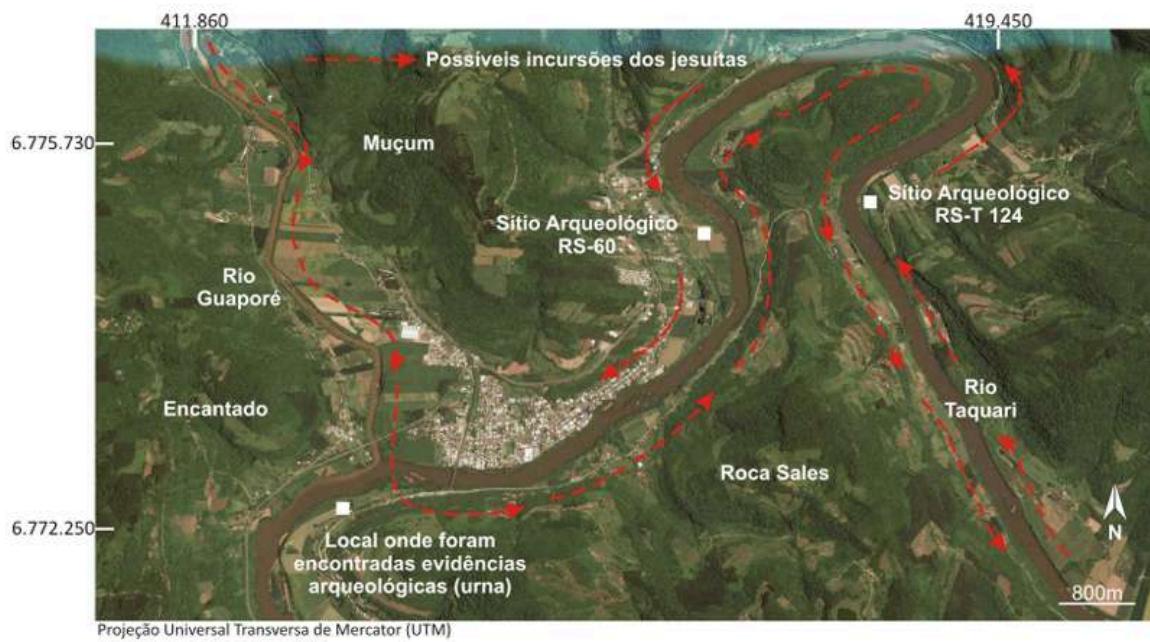
De acordo com a SEMA (2010), a Unidade de Paisagem PM14 corresponde à região do Planalto dos Campos Gerais, caracterizada pela escarpa sul da Serra Geral, que faz a transição entre o planalto e a depressão central. Esta área apresenta uma vegetação predominante de Floresta Estacional Decidual e altitudes que variam de 50 a 600 metros.

Em Muçum, de acordo com a plataforma InfoSanbas, que utiliza dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e da Fundação Nacional dos Povos

Indígenas (FUNAI), não há nenhum quilombo certificado pela Fundação Cultural Palmares, nenhuma terra indígena ou área de assentamento de reforma agrária.

Referente a sítios arqueológicos, de acordo com Kreutz (2015), foram evidenciados artefatos arqueológicos que podem ratificar o contato entre indígenas e jesuítas nas regiões de planície localizadas atualmente nos municípios de Encantado, Muçum e Roca Sales, onde também existem sítios arqueológicos registrados, como consta na figura 34.

Figura 34: Marcação de Sítios Arqueológicos e evidências arqueológicas.



Fonte: Elaborado por Marcos Rogério Kreutz a partir de Porto (1954); Cortesão (1969); Google Earth (2015).

Segundo Fiegenbaum *et al* (2000), Muçum possui os sítios arqueológicos RS-60, Sítio RS-61 Eugênio Villa e Sítio RS-3 Viuva Pedro Marobim, cadastrados no IPHAN no período até o ano 2000. O primeiro possui 50 m² de área e consiste em um sítio pré-colonial, no qual foi coletado, de forma superficial, material cerâmico. O sítio RS-61 Eugênio Villa possui 100 m², é um sítio pré-colonial e neste foi coletado, de forma superficial, material cerâmico e lítico polido. O último sítio pré-colonial existente em Muçum, denominado como RS-3 Viuva Pedro Marobim, possui área de 10.000 m², no qual coletou-se material cerâmico.

2.4.2.3. Geologia e geomorfologia

A Geologia é uma ciência interdisciplinar que lida com o estudo da Terra, incluindo a sua composição, estrutura, propriedades físicas, origem e evolução da vida, ambientes e exploração de recursos naturais, entre eles: petróleo, gás, minérios e água subterrânea. Em seu nível mais fundamental, a Geologia é o estudo dos processos que levaram às mudanças e ciclos que a Terra experimentou desde a sua formação (CASTRO, s.d.). Já a geomorfologia trata da análise quantitativa das características do relevo de bacias hidrográficas e sua associação com o escoamento (CASTRO, s.d.).

2.4.2.3.1. Geologia

A Bacia do Paraná configura-se como uma extensa depressão situada na porção centro-leste do continente Sulamericano, identificada como sinéclise paleozóica, intracratônica, preenchida, no seu centro geométrico, por até aproximadamente 6.000 m de sedimentos. Estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, a bacia apresenta um formato alongado na direção entre Norte e Nordeste (N-NE). A coluna estratigráfica da Bacia do Paraná conta com cinco supersequências deposicionais principais, cujas idades são associadas ao Siluriano, Devoniano, Permo-Carbonífero, Triássico e Juro-Cretáceo. O preenchimento sedimentar da bacia é essencialmente siliciclástico, com expressão vulcanossedimentar relativa à supersequência juro-cretácea (MILANI *et al.*, 2007).

No município de Muçum a Formação Serra Geral desponta como principal substrato litológico, como delimita CPRM (2006). Essas rochas representam as sequências mais superficiais da influência gondvânica na Bacia do Paraná, relacionadas ao início da fragmentação do supercontinente (ALMEIDA, 1969). Assim, a Formação Serra Geral é produto de um dos mais imponentes eventos de magmatismo fissural já registrados no planeta. As rochas vulcânicas compreendidas por essa unidade apresentam um conjunto de composições variáveis, sendo essencialmente básicas, mas com substancial registro de termos intermediários a ácidos. Os pacotes de rochas resultantes desse processo têm espessuras significativas, da ordem de 800 m. Essas rochas possuem alto grau de coesão e textura fina, e entre elas podem ocorrer níveis amigdaloides, brechados, arenitos intertrápicos ou mesmo sedimentos vulcanogênicos, com comportamentos hidráulico e

geomecânico distintos das rochas propriamente vulcânicas, sendo menos coesivas e mais permeáveis.

A área de estudo é predominantemente recoberta pela Fácies Gramado, dentro da unidade litoestratigráfica já mencionada. As rochas abrangidas por essa subdivisão são constituídas de derrames basálticos granulares finos a médios de cor cinza com horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas e carbonatos; apresentam estruturas de fluxo e são comuns intertraps de arenitos Botucatu (CPRM, 2006) (Figura 35).

Figura 35: Rochas encontradas na região de Muçum.

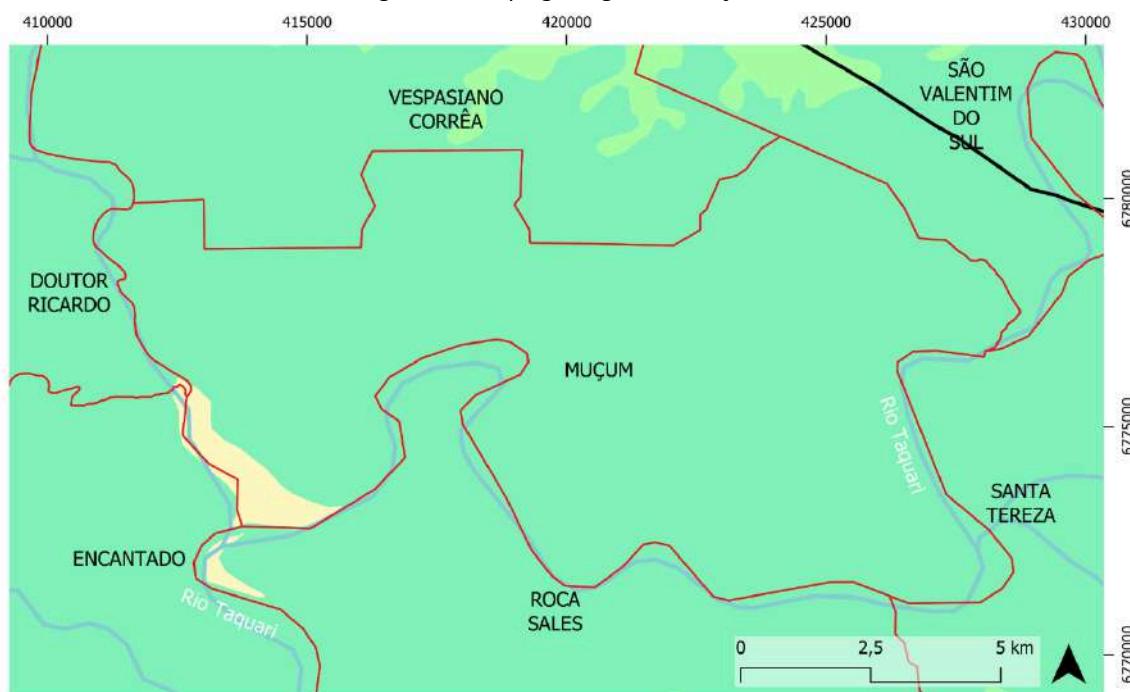


Fonte: Acervo pessoal Tiago Fischer (2017).

Adicionalmente, nas margens, planícies de inundação e calhas dos grandes sistemas fluviais contíguos à área observam-se, segundo CPRM (2006) depósitos aluviais de areia grossa a fina.

A figura 36 ilustra o mapa com a disposição física dessas unidades em relação aos limites municipais de Muçum. Verifica-se que, metade da extensão do Rio Guaporé, dentro dos limites de Muçum, e uma parcela do Rio Taquari, próximo à área urbanizada do município, predominam os Depósitos aluvionares. Já no restante do território do município o predomínio é da Formação Serra Geral - Fácies Gramado.

Figura 36: Mapa geológico de Muçum.



LEGENDA:

Litologia

Formação Serra Geral - Fácies Caxias

Depósitos aluvionares

Formação Serra Geral - Fácies Gramado

Curso d'água

Estrutura

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em CPRM (2006).

2.4.2.3.2. Geomorfologia

Conforme JUSTUS *et al.* (1986), a área está inserida no Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, correspondente a um planalto do tipo monocinal, cuja inclinação aponta para oeste, apresentando uma amplitude altimétrica de cerca de 1.200 m, a leste, e 100 m, a oeste.

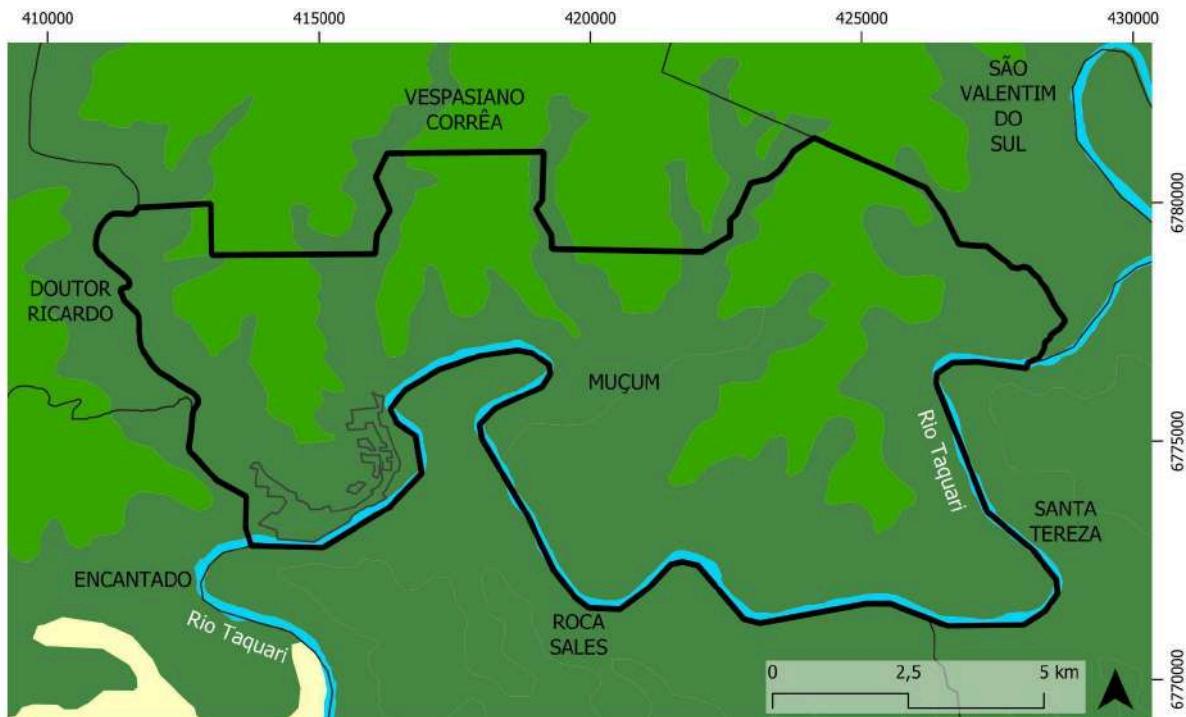
As diferentes feições geomorfológicas observadas nesse domínio obedecem principalmente às condicionantes estruturais e modelados de dissecação. Os relevos resultantes são mais homogêneos em direção ao Rio Uruguai, em uma vasta superfície composta por discretas colinas e topos planos, enquanto, para leste, salientam-se accidentes mais pronunciados, com intensa dissecação, esculpidos essencialmente pela rede de drenagem. Dentre as três regiões geomorfológicas individualizadas neste domínio,

responsáveis pela arquitetura dos relevos planálticos, impõe-se, na área de estudo, a Região Geomorfológica Planalto das Araucárias, ocupando uma área de cerca de 61.300 km².

As formas de relevo dessa região morfológica foram esculpidas especialmente em rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral, que ocorrem normalmente capeando as rochas efusivas básicas que correspondem, geralmente, aos relevos mais conservados dessa região geomorfológica. Em áreas mais restritas, os modelados de dissecação do relevo se desenvolveram em rochas efusivas básicas, geralmente resultando em formas de relevo mais dissecadas. Outras vezes, posicionadas nas partes basais das vertentes escarpadas que ocorrem nas bordas dessa região geomorfológica, as formas de relevo se desenvolvem em arenitos da Formação Botucatu, entre outras unidades adjacentes.

No mapa da figura 37 é possível visualizar que as unidades geomorfológicas (UGs) predominantes no Município de Muçum são a Serra Geral e o Planalto dos Campos Gerais, sendo a primeira constituída pelos terminais escarpados abruptos da segunda. As formas de relevo na UG Serra Geral apresentam-se bastante abruptas com vales fluviais bem aprofundados (muitas vezes superiores a 400 m de desnível) e muitos topos de morros angulares ou estreitos. As declividades encontradas nessa UG podem chegar a 50,6%, com média em 27,2%. Para a UG Planalto dos Campos Gerais registra-se relevo plano a ondulado, ilustrado geralmente por topos de morros tabulares. A dissecação evidencia-se pelo contraste entre áreas de morfologia planar, mais conservadas, e outras com rupturas de declive e alargamento de vales. Colinas e pequenos morros separados por amplos vales de fundo achatado delineiam o padrão de relevo da unidade, que tem declividades inferiores a 23,9% em cerca de 90% da área do planalto, com uma média de 10,6% (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 37: Mapa de unidades geomorfológicas em Muçum.



LEGENDA:

Unidades geomorfológicas

- Planícies Alúvio-coluvionares
- Planalto dos Campos Gerais
- Serra Geral
- Corpo d'água continental

Áreas urbanizadas de Muçum

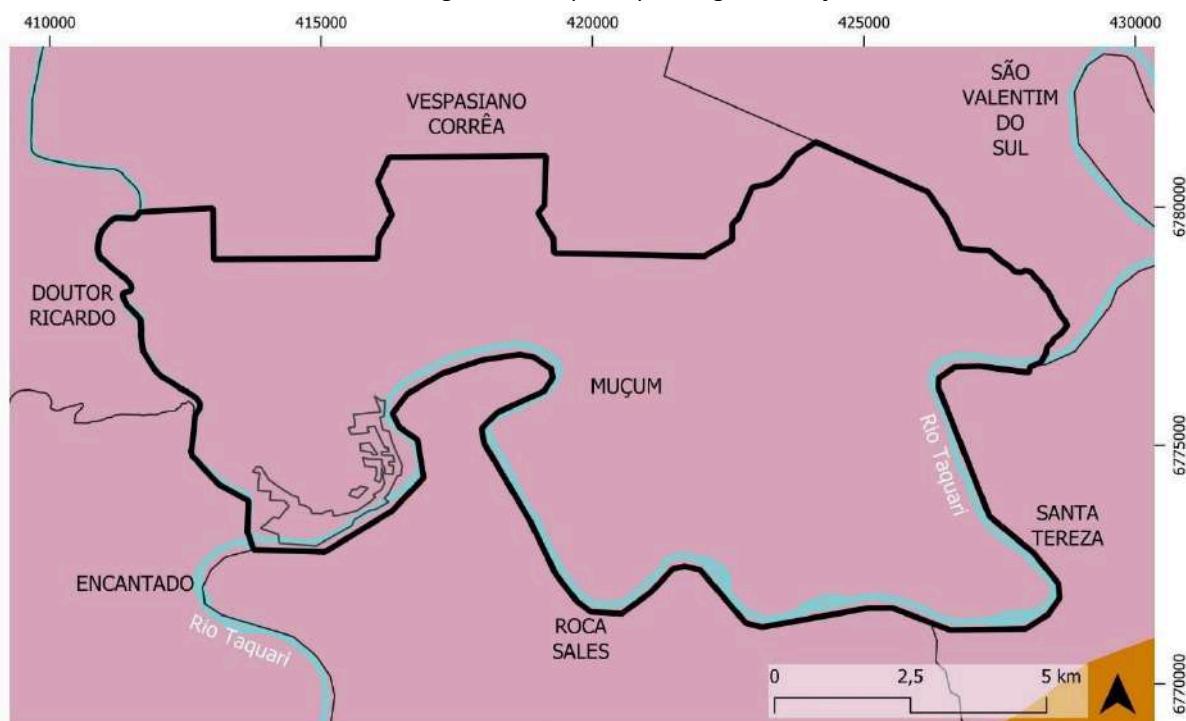
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do IBGE (2023).

2.4.2.4. Tipos de solos

A Pedologia é a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos. Busca compreender a interação entre os fatores e processos de formação do solo e sua influência nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos (PEREIRA et al., 2019). A interação dos diferentes fatores dá origem aos processos pedogenéticos, que, de acordo com a intensidade com que atuam, são responsáveis pela variabilidade dos tipos de solo na paisagem (PEREIRA et al., 2019).

No município de Muçum identifica-se somente o tipo de solo RLe23: Neossolos Litólicos Eutróficos + Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos + Chernossolos Argilúvicos Órticos, que pode ser observado no mapa da figura a seguir.

Figura 38: Mapa de pedologia de Muçum.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de solos da Embrapa (SANTOS *et al.*, 2011).

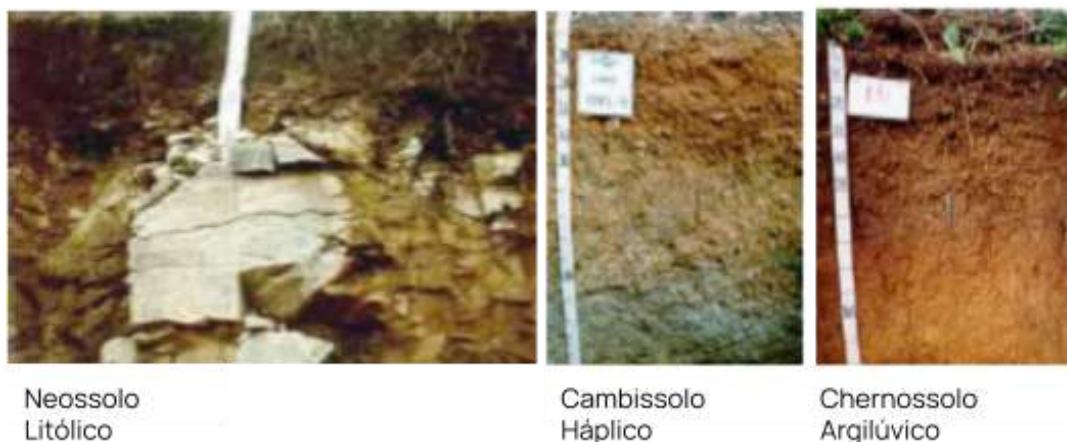
Neossolos Litólicos Eutróficos compreendem solos rasos, em que geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos (SANTOS, 2021). Cambissolos Haplícos Tb Eutróficos são solos fortemente, até imperfeitamente, drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (SANTOS, 2021). Por fim, Chernossolos Argilúvicos Órticos se caracterizam por apresentar um horizonte A escuro, rico em matéria orgânica, sobre um horizonte B com acúmulo de argila. Além disso, possui uma profundidade rasa, sendo menor que 30 cm (SANTOS, 2021).

Os Neossolos, segundo Jacomine (2009), são solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico. Possuem sequência de horizontes A–R, A–C–R, A–Cr–R, A–Cr, A–C, O–R ou H–C. A qualidade de “litólicos”, segundo o autor, denota que esses solos possuem horizonte A ou hístico, assentados diretamente sobre a rocha, sobre horizonte Cr e/ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm, apresentando um contato lítico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo.

Segundo CPRM (2010), os solos residuais encontrados no Município de Muçum são férteis, com elevado teor de bases permutáveis, principalmente cálcio e magnésio. Apresentam resistência natural à erosão devido ao alto grau de floculação das argilas, à homogeneidade estrutural e à alta porosidade e permeabilidade.

Na figura 39, a seguir, é possível visualizar os tipos de solo presentes no Município de Muçum.

Figura 39: Tipos de solos encontrados em Muçum.



Fonte: EMBRAPA (2006).

2.4.2.5. Recursos hídricos

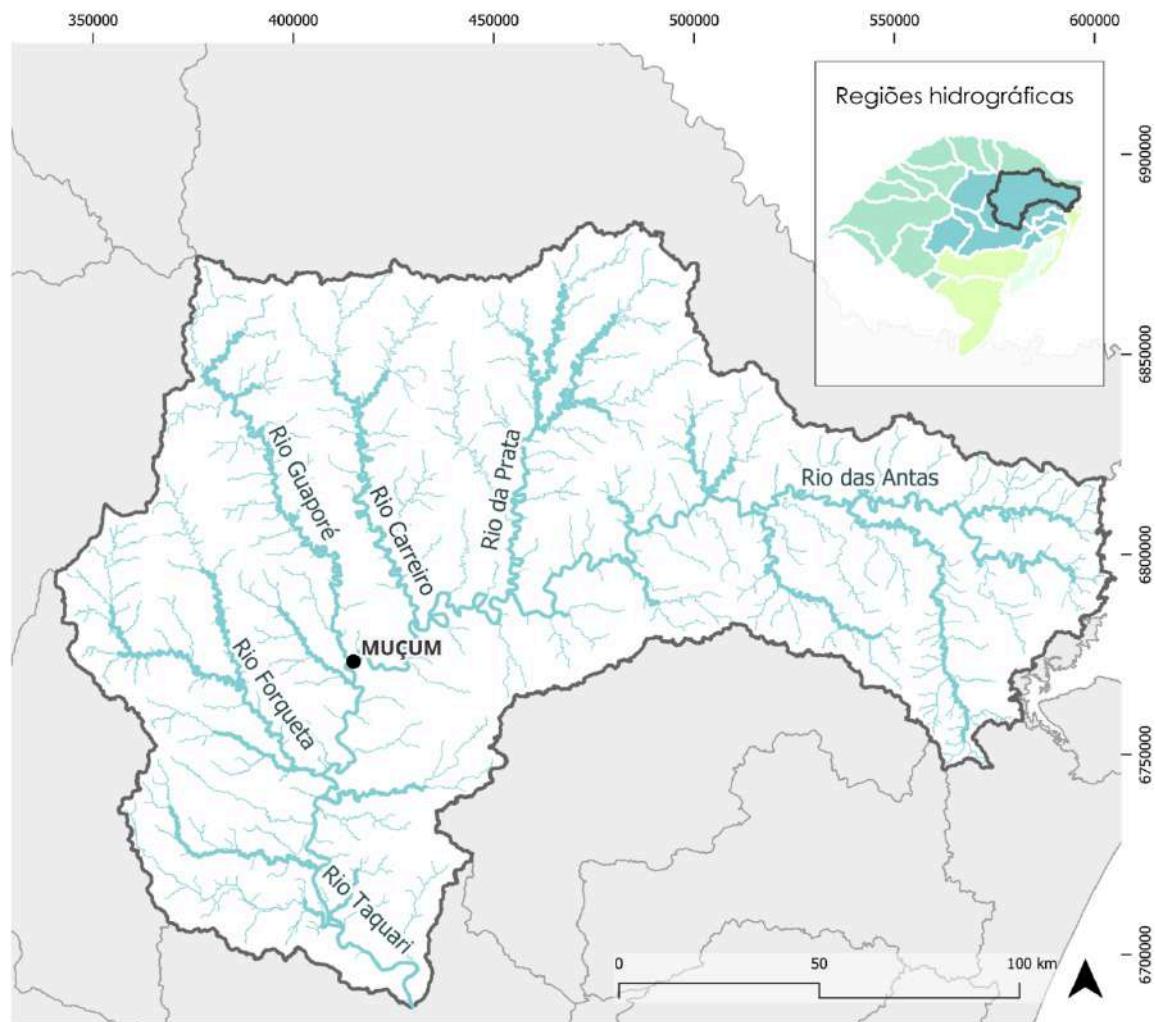
A hidrologia é a ciência que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida. Diante da sua amplitude e complexidade, a hidrologia foi

compartimentada, sendo objeto de estudo por especialidades como meteorologia, oceanografia, limnologia, ecologia e hidrogeologia. Atualmente, a hidrologia preocupa-se, basicamente, com os aspectos quantitativos da fase terrestre do ciclo hidrológico (GALDINO; VICTORIA, 2014).

Recurso hídrico, por sua vez, é toda água proveniente da superfície ou subsuperfície da Terra, e que pode ser empregada em um determinado uso ou atividade, podendo também passar a ser um bem econômico. Todo recurso hídrico é água, mas nem toda água é recurso hídrico (FERREIRA, 2022).

O estado do Rio Grande do Sul é composto por três Regiões Hidrográficas, como é possível observar no mapa da figura 40, sendo: a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, a Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, e a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas. No mapa, em destaque, está a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, com seus principais cursos hídricos: Rio Taquari, Rio das Antas, Rio Forqueta, Rio Guaporé, Rio Carreiro e Rio da Prata.

Figura 40: Mapa das regiões hidrográficas no Rio Grande do Sul e da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.



LEGENDA:

- Bacias hidrográficas:
- Bacia hidrográfica Taquari-Antas
 - Outras bacias hidrográficas
 - Hidrografia
- Localização do município de Muçum

Regiões Hidrográficas:

- Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba
- Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai
- Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018).

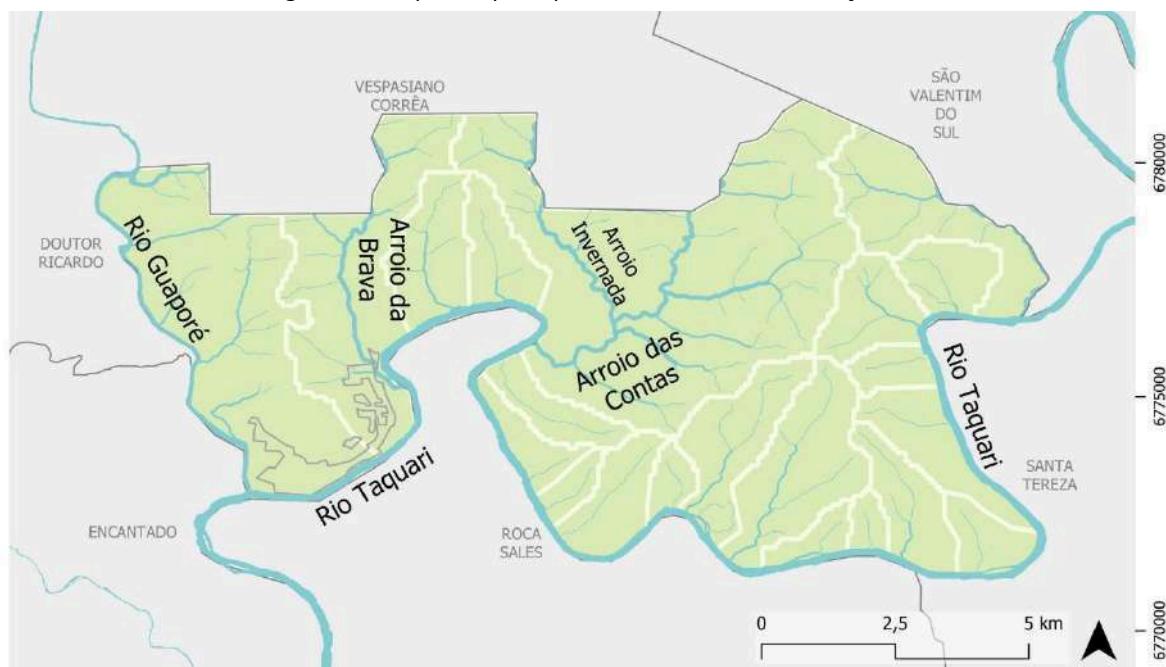
Já no mapa da figura 41, está apresentada uma aproximação com o Município de Muçum onde é possível visualizar os principais cursos hídricos que exercem influência no município, sendo: Rio Guaporé, Arroio da Brava, Arroio Invernada e Arroio das Contas.

Dentre esses, o Arroio das Contas é o que possui a maior extensão dentro do município, cortando o mesmo no sentido nordeste a oeste, até desembocar no Rio Taquari, com sub-bacia de 29,57 Km² dentro do território de Muçum, equivalente a 26,58% da área

total. O Arroio Invernada, que corta no sentido noroeste a sudeste, é afluente do Arroio das Contas, exercendo influência dentro desta sub-bacia. Já o Arroio da Brava, que corta no sentido norte a sul até desembocar no Taquari, possui área de 11,73 Km², o que equivale a 10,54% da área do território.

Dos cursos hídricos citados, o Rio Guaporé é um dos principais rios que contribuem para elevação do nível do Rio Taquari, pois absorve boa parte das chuvas acumuladas das regiões do planalto médio e serra gaúcha. Além disso, o Rio Taquari tangencia o Município em seus limites sul e leste.

Figura 41: Mapa dos principais cursos hídricos em Muçum.



LEGENDA:

- Hidrografia
- Sub bacias
- Áreas urbanizadas de Muçum

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018).

2.4.2.6. Uso e cobertura do solo

A expressão “uso e cobertura do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ECKHARDT *et al.*, 2008). Ainda, de acordo com o MapBiomass¹¹, o estudo e mapeamento dessas características, revela as

¹¹ Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 12 de ago. de 2024.

transformações do território por meio da ciência e torna acessível o conhecimento sobre a cobertura e o uso da terra, possibilitando a busca da conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais, como forma de combate às mudanças climáticas.

Novos dados do MapBiomass revelam que, até 1985, o Brasil já havia perdido 20% de suas áreas naturais. Nos 39 anos seguintes (1985-2023), essa perda se ampliou para mais 13% do território, o que equivale a 110 milhões de hectares, totalizando 33% em 2023. As perdas nesse período recente são alarmantes, representando 33% de toda a transformação causada pela ação humana desde o início da colonização europeia até 2023. Áreas naturais incluem vegetação nativa, superfícies de água e áreas não vegetadas naturais, como praias e dunas. Metade dessa perda (55 milhões de hectares) ocorreu na Amazônia. A rapidez e a extensão da mudança na cobertura e uso do solo são fatores que aumentam o risco climático em todas as regiões do Brasil.

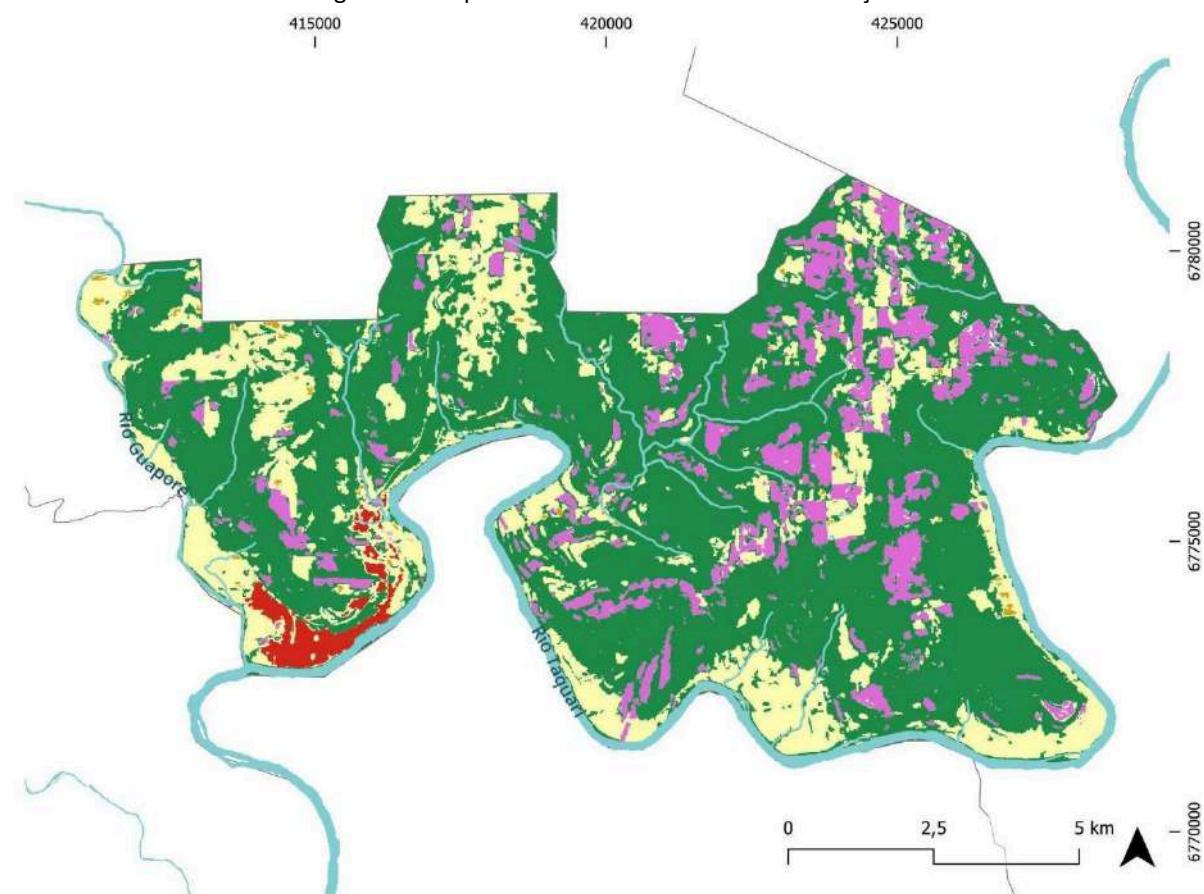
No Vale do Taquari, Rempel *et al.* (2015) classificam o uso e cobertura do solo em 10 classes: Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Industrial, Vegetação Secundária, Campos (nativos e antrópicos), Agricultura, Solo Exposto, Água, Áreas Urbanas e banhados.

Na figura 42, é possível identificar no mapa de uso e cobertura do solo (elaborado com dados do Projeto MapBiomass para o ano de 2022) do município de Muçum, a predominância de Vegetação (59,05%) ao longo de todo o território do município, juntamente com áreas de Agropecuária e Silvicultura (36,26%), que englobam a pastagem e outras classes (soja e outras lavouras temporárias), que permeiam toda área, encontrando-se de forma mais concentrada à leste, nordeste e noroeste, além das áreas de planícies ao longo do Rio Taquari (Água 3,25%). Na região sudoeste, também junto à margem do rio, está a área de urbanização (1,21%) do município. Ao longo de todo o território podem ser identificadas pequenas áreas de formação natural não vegetada e outras áreas não vegetadas.

De acordo com as classes do Projeto MapBiomass (2022), a Vegetação (Formação Florestal) do município de Muçum pertence ao Bioma Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea). Quanto à Agropecuária - Outras Classes é possível classificar a

agricultura como áreas de Pastagem, Lavoura Temporária (Soja e outras lavouras temporárias) e Agropecuária - Silvicultura em espécies arbóreas plantadas para fins comerciais, como por exemplo plantio de pinus e eucalipto. A urbanização (área urbanizada) é definida como áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.

Figura 42: Mapa de uso e cobertura do solo de Muçum.



LEGENDA:

Usos e cobertura do solo:	
Água	Urbanização
Agropecuária	Vegetação
Agropecuária - Silvicultura	Formação natural não vegetada
	Outras áreas não vegetadas

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de Uso e Cobertura do Solo do Projeto MapBiomass, para o ano de 2022.

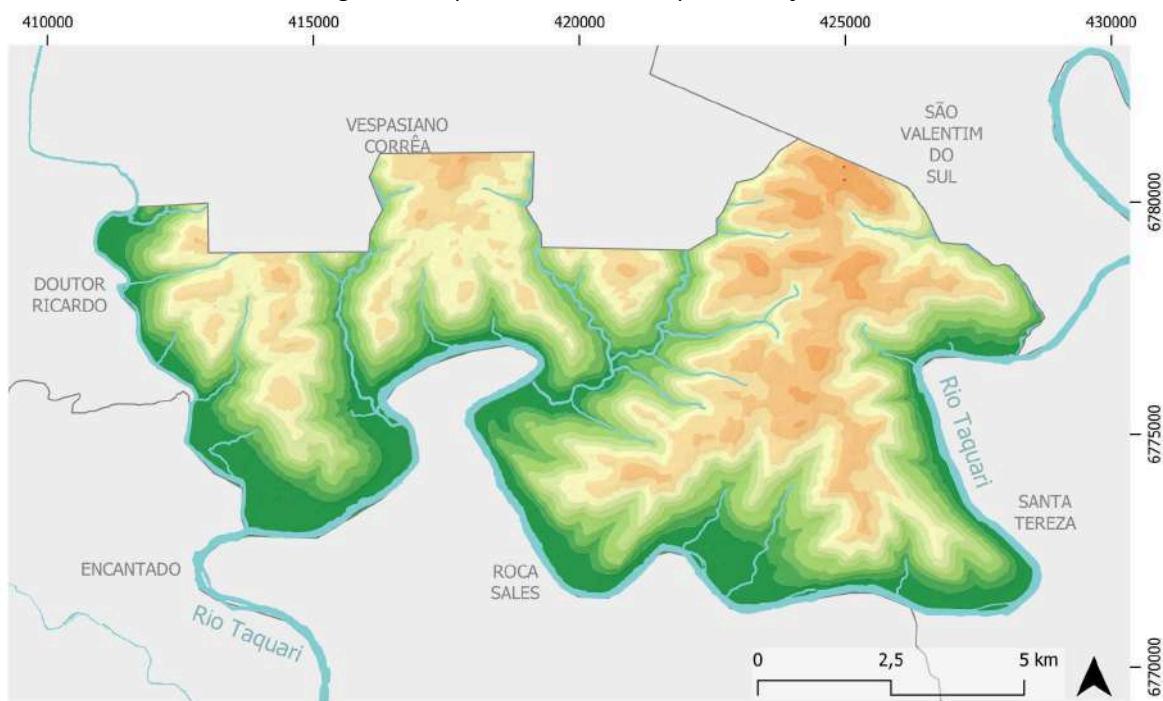
2.4.2.7. Geotecnia

2.4.2.7.1. Altitudes

A hipsometria é uma técnica de representação da elevação de um terreno onde geralmente é utilizado um sistema de graduação de cores (ALAGOAS, 2021.). No Vale do Taquari, de acordo com Eckhardt (2005), a cota mais baixa (6 metros) localiza-se no município de Taquari e a cota mais alta (800 metros) no município de Arvorezinha. Eckhardt (2005), divide o Vale do Taquari em três regiões baseado nas classes hipsométricas: a Região Sul, que cobre 30% da área, situa-se entre 0 e 100 metros de altitude; a Região Central, abrangendo 61,78% da área, possui variações altimétricas entre 100 e 600 metros; e a Região Norte, com 8,22% da área, apresenta altitudes que variam entre 600 e 800 metros.

O mapa da figura 43 apresenta a hipsometria no Município de Muçum, com as altitudes classificadas em faixas de 50 em 50 metros, gerada a partir do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar (ALASKA SATELLITE FACILITY, s.d.), de 2011, com resolução espacial de 12,5 metros. As altitudes no Município variam entre 33 e 554 metros. Observa-se que o polígono é composto predominantemente por morros. A nordeste estão as maiores altitudes no município, com cotas máximas entre 501 e 554 metros. Já as menores altitudes podem ser encontradas em toda a faixa que bordeja a área do município pelo sul, contígua às margens do Rio Taquari, onde também se encontra a área com maior urbanização.

Figura 43: Hipsometria no município de Muçum.



LEGENDA:

Altitudes	0 a 50 metros	201 a 250 metros	451 a 500 metros
	51 a 100 metros	251 a 300 metros	501 a 550 metros
	101 a 150 metros	301 a 350 metros	551 a 600 metros
	151 a 200 metros	350 a 400 metros	
		401 a 450 metros	

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados de altitude extraídos do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar.

2.4.2.7.2. Declividades

As declividades representam uma importante condicionante à urbanização. Áreas com declividades baixas e moderadas são passíveis de ocupação enquanto áreas com declividade igual ou superior a 30% são, a princípio, vedadas ao parcelamento do solo, conforme Art.3º, inc. III da Lei de Parcelamento do Solo - Lei Federal 6.766/1979. Já as áreas com declividade igual ou acima de 45º são consideradas Áreas de Preservação Permanente, conforme Art. 4º, inc. V, do Código Florestal - Lei federal 12.651/2012.

As declividades do Município de Muçum foram geradas a partir do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar (ALASKA SATELLITE FACILITY, s.d.) e classificadas conforme as classes descritas na Tabela 1 e representadas no mapa da Figura 43.

Verifica-se que o maior percentual de área do município tem inclinação entre 30 e 99,99%, o que demonstra a declividade presente em grande parte do território urbano, somando 49,70 km² de área. Já as áreas com percentual menor de declividade no município, aquelas entre 0% e 29,99%, somam 16% do total do território municipal, ou seja 17,69 km².

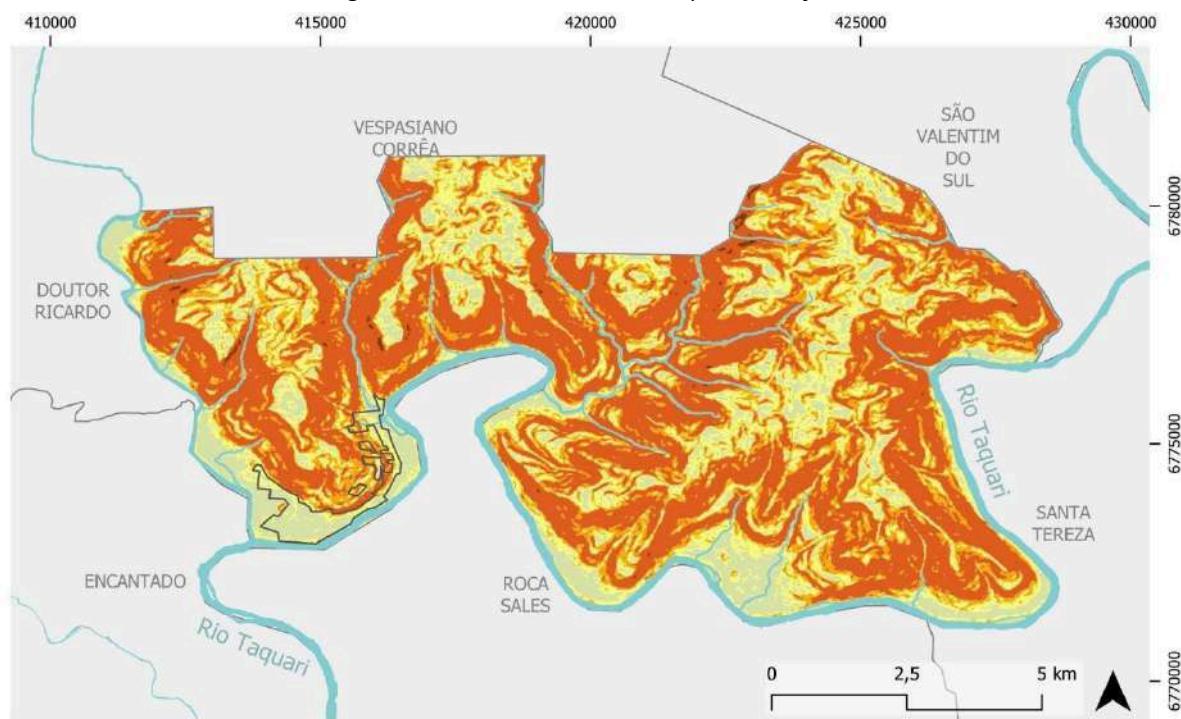
Tabela 1: Declividades e percentual de áreas no Município de Muçum.

Declividade	Área (km²)	Percentual em relação à área total do município (%)
0 a 9,99%	17,69	16,00%
10 a 19,99%	21,56	19,49%
20 a 29,99%	21,47	19,41%
30 a 99,99%	49,70	44,94%
100% ou mais	0,17	0,15%

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

No mapa da figura 44 é possível visualizar a distribuição destas declividades ao longo do território do Município, observa-se que Muçum se caracteriza por um relevo bastante acidentado, sendo quase 45% da área do Município constituída por encostas com declividade acima de 30%. Registram-se alguns segmentos considerados como APP, isto é, com declividade acima de 100%, constituindo, contudo, menos de 1% do território. As áreas com declividades baixas (menos de 10%) ou moderadas (entre 10 e 20%) correspondem a 16,00 e 19,49% respectivamente, ou seja, cerca de um terço do território municipal. Nessas áreas, teoricamente, estariam os pontos mais indicados para ocupação.

Figura 44: Declividades no município de Muçum.



LEGENDA:

Declividades	20 a 30%	Áreas urbanizadas de Muçum
	30 a 100%	
	10 a 20%	
	acima de 100%	

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em dados de altitude extraídos do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar.

2.4.2.7.3. Características geotécnicas gerais

Segundo CPRM (2010), os relevos com encostas declivosas, encontrados principalmente nas margens dos vales fluviais mais pronunciados que entalham localmente as adjacências da área de estudo, estão sujeitos à erosão e à ocorrência de movimentos de massa lento tipo rastejo. Assim, no que diz respeito às características do maciço rochoso, a presença ou não de fendas e fraturas, bem como a sua densidade de ocorrência, pode ser determinante para a estabilização geotécnica das rochas, principalmente em intervenções que pressupõem a execução de taludes de corte. Em porções de maior coesão e textura mais fina das rochas, quando possuírem boa homogeneidade geomecânica horizontal e vertical, principalmente por ausência de fraturamentos, haverá registro de estabilidade mesmo em taludes verticais, além de alta resistência ao corte e à penetração, necessitando o uso de explosivos para desmonte. As rochas apresentam, em geral, boa capacidade de suporte para

obras de grande porte. Os solos residuais, por sua vez, apresentam baixa capacidade de carga, mas boa escavabilidade e sujeição à compactação, quando bem desenvolvidos, sendo em geral profundos, bem drenados e com pequeno gradiente textural. Adicionalmente, não é comum oferecerem problemas com relação a fundações, pois se comportam como pré-adensados. Também apresentam resistência natural à erosão devido ao alto grau de flocação das argilas, homogeneidade estrutural e alta porosidade e permeabilidade, não sendo, contudo, indicada a utilização de sumidouros. Por outro lado, nas áreas de relevo mais íngreme podem ocorrer problemas de escavabilidade devido à existência de depósitos de encosta de composição bastante heterogênea. São áreas com alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa como escorregamentos, quedas de blocos e corridas. Os solos nesses casos podem ser rasos, argilosos e com presença de fragmentos de rocha.

Quando próximos ao Rio Taquari e seus principais tributários os terrenos são caracterizados por sua íntima relação com a demarcação de áreas de preservação permanente, sobretudo. Para CPRM (2010), suas características naturais, quando fora das APPs, incluem adequabilidades à ocupação, como boa capacidade de suporte para obras de até médio porte, facilidade de mecanização, baixo potencial erosivo, adaptabilidade para culturas de ciclo curto ou com afinidade ao encharcamento, utilização de areia e cascalho autóctones para construção civil e baixo custo de exploração das águas superficiais. Por outro lado, como limitações são destacadas a proximidade do lençol freático à superfície, aumentando a vulnerabilidade à contaminação, risco de alagamentos e inundações, possibilidade de desestabilização de estruturas e materiais, além de recalques e rupturas de fundações pela baixa capacidade de suporte dos solos, acidez elevada do solo em locais com presença de turfa (podendo ocasionar corrosão de tubulações, por exemplo) e má drenagem do solo em geral.

Os focos erosivos existentes devem ser avaliados quanto às características descritas neste item.

2.4.2.8. Áreas de Preservação Permanente

Conforme definição da Lei n. 12.651/2012, Área de Preservação Permanente - APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de

preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2024).

No mapa da figura 45 está apresentada de forma complementar, a classificação das Áreas de Preservação Permanente (APP) presentes no Município de Muçum, de acordo com a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual determina em seu Art. 4º as seguintes definições:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhetos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; (BRASIL, 2012)

Conforme as características físicas dos cursos hídricos existentes no município de Muçum, as APPs de cursos d'água variam entre 30, 50 e 100 metros. Cabe salientar, que todo curso hídrico tem sua formação por uma ou mais nascentes, as quais também são protegidas por lei, devendo haver no mínimo um raio de 50 metros do olho d'água de APP.

Alguns arroios, afluentes do Rio Taquari, possuem uma variação de suas APPs, por diferentes larguras, onde a jusante, próximo do ponto que deságua no Rio Taquari a largura da calha ultrapassa os 10 metros, assim, enquadrando estes na faixa de 10 a 50 metros, gerando uma APP de 50 metros nestes trechos dos arroios. Esse é o caso do Arroio das Contas, que possui, predominantemente, uma calha maior que 10 metros. No trecho a norte, próximo ao limite municipal de Muçum, a calha não ultrapassa 10 metros, respeitando assim

uma APP de 30 metros (Figura 45). O Rio Guaporé possui largura superior a 10 metros em toda sua extensão e, portanto, exige APP de 50 metros.

A APP de 100 metros ocorre apenas no Rio Taquari, por ser um curso hídrico de porte maior, com largura variando entre 50 e 200 metros, devendo assim ser respeitada uma faixa marginal de 100 metros.

Porém, existem exceções quanto aos limites de APP para as áreas consolidadas. As áreas rurais consolidadas são as propriedades que já exerciam sua atividade anterior a 22 de julho de 2008, conforme definido no Art. 61-A da Lei 12.651 25 de maio de 2012:

Art. 61-A. Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012). (Vide ADIN Nº 4.937)(Vide ADC Nº 42)(Vide ADIN Nº 4.902)

§ 1º Para os imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 5 (cinco) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 2º Para os imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 8 (oito) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 3º Para os imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 15 (quinze) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 4º Para os imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

Para as definições das áreas urbanas consolidadas, as mesmas devem atender alguns critérios conforme definido no Art. 3º Inc. XXVI da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, na qual apresenta as seguintes definições:

XXVI – área urbana consolidada: aquela que atende os seguintes critérios: (Redação dada pela Lei nº 14.285, de 2021)

a) estar incluída no perímetro urbano ou em zona urbana pelo plano diretor ou por lei municipal específica; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

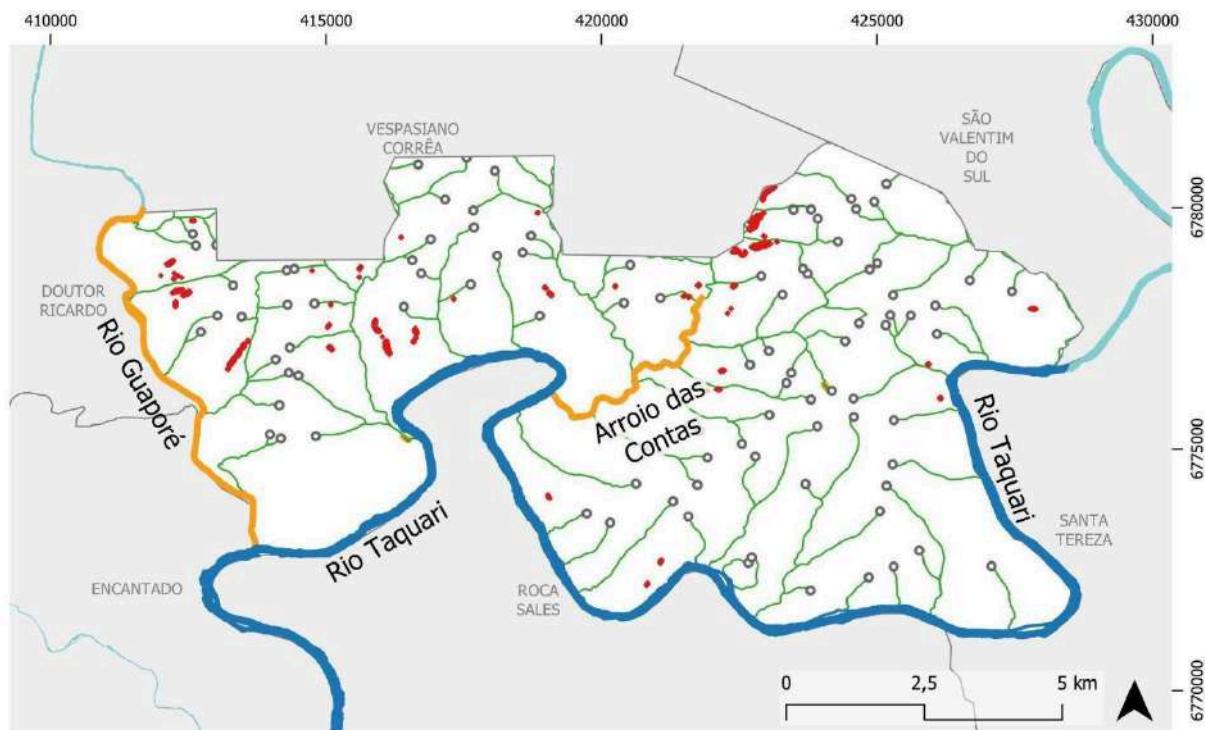
- b) dispor de sistema viário implantado; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
- c) estar organizada em quadras e lotes predominantemente edificados; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
- d) apresentar uso predominantemente urbano, caracterizado pela existência de edificações residenciais, comerciais, industriais, institucionais, mistas ou direcionadas à prestação de serviços; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
- e) dispor de, no mínimo, 2 (dois) dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana implantados: (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
 - 1. drenagem de águas pluviais; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
 - 2. esgotamento sanitário; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
 - 3. abastecimento de água potável; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
 - 4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública; e (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
 - 5. limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

Quanto aos limites das Áreas de Preservação Permanente (APP) das áreas urbanas, devem ser respeitadas conforme disciplina o Artigo 22 § 5º da Lei nº 11.952, de 25 de junho de 2009:

§ 5º Os limites das áreas de preservação permanente marginais de qualquer curso d'água natural em área urbana serão determinados nos planos diretores e nas leis municipais de uso do solo, ouvidos os conselhos estaduais e municipais de meio ambiente.” (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

Na figura 45 é possível visualizar, de forma esquemática, uma síntese das restrições ambientais por APP identificadas no Município de Muçum, mostrando: a) cursos d'água classificados conforme largura de Área de Preservação Permanente; b) nascentes; c) áreas com declividade acima de 100%.

Figura 45: Mapa das restrições ambientais por APP no município de Muçum.



LEGENDA:

APP cursos d'água:

- Até 10m (APP 30m)
- 10 - 50m (APP 50m)
- 50 - 200m (APP 100m)
- Nascentes (APP 50m)
- Declividade acima de 100%

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Já no mapa da figura 46 está apresentada uma aproximação com a área urbanizada de Muçum, onde verifica-se as áreas de preservação permanente, já representadas com área e largura que realmente ocupam, e sua relação com a ocupação urbana consolidada do Município.

Figura 46: Áreas de Preservação Permanente na sede de Muçum e entorno imediato.



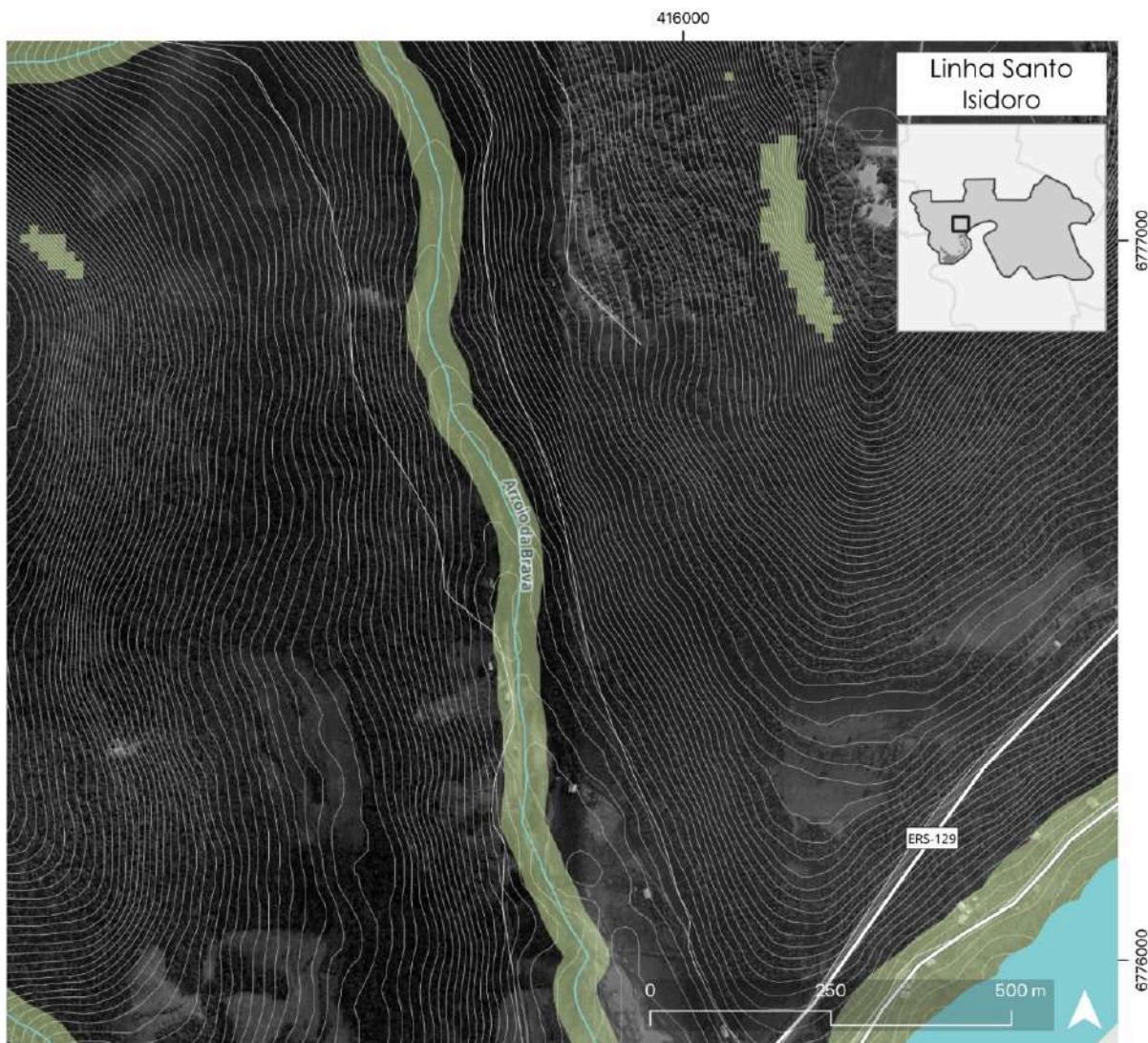
LEGENDA:

	Áreas de Preservação Permanente (APP de hidrografia e declividade)		Hidrografia		Ferrovia
			Rodovias		Vias

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Por fim, na figura 47, 48 e 49, a seguir, estão apresentadas as aproximações com os núcleos urbanos de Linha Santo Isidoro, Linha São Faustino e Jovita e Linha Santa Lúcia, onde se pode visualizar as áreas de preservação permanente já representadas com área e largura que realmente ocupam.

Figura 47: Áreas de Preservação Permanente na Linha Santo Isidoro e entorno imediato.

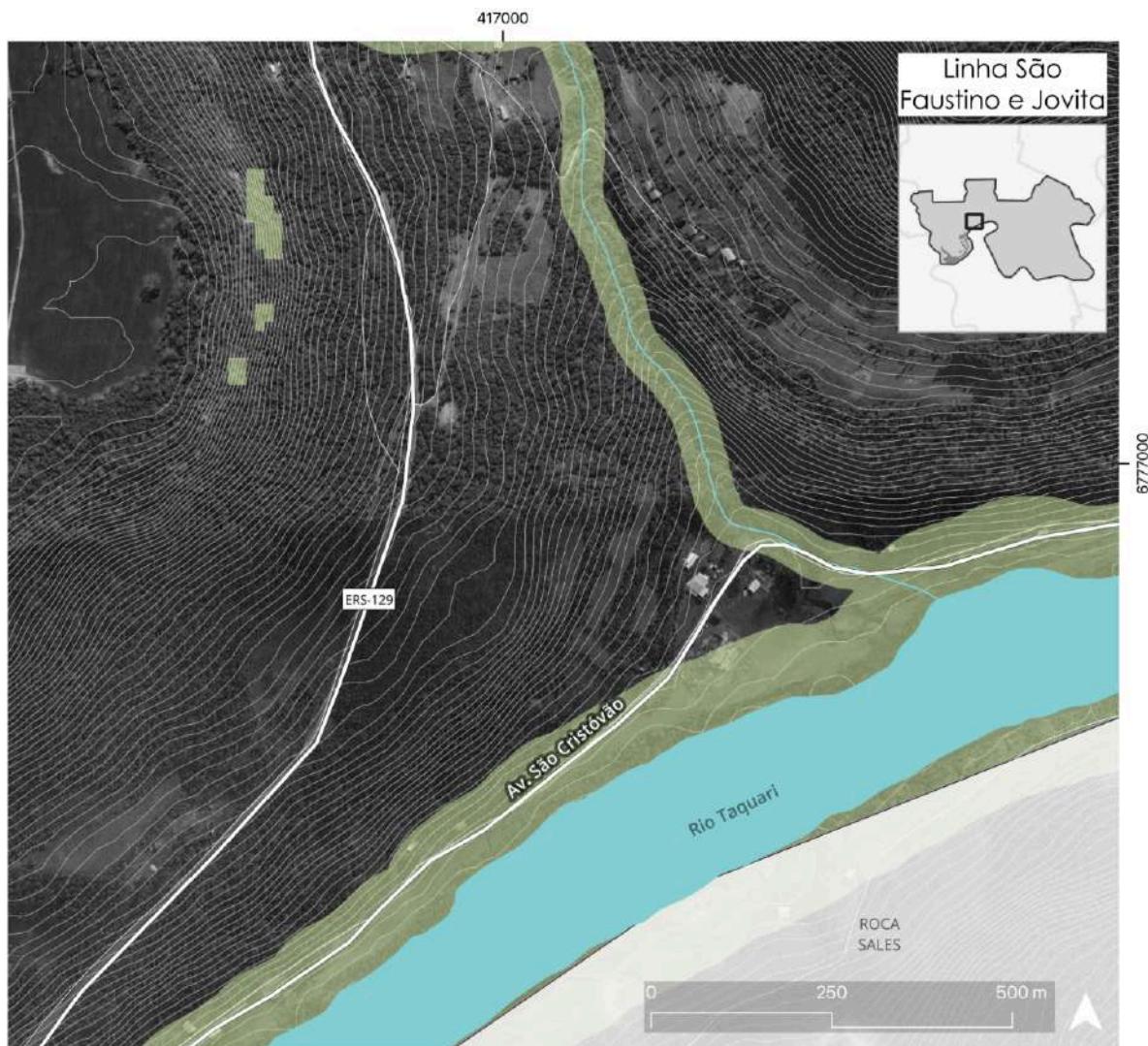


LEGENDA:

- | | |
|--|---|
|  Áreas de Preservação Permanente (APP de hidrografia e declividade) |  Rodovias federais e estaduais |
|  Hidrografia |  Vias municipais |

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Figura 48: Áreas de Preservação Permanente na Linha São Faustino e Jovita e entorno imediato.

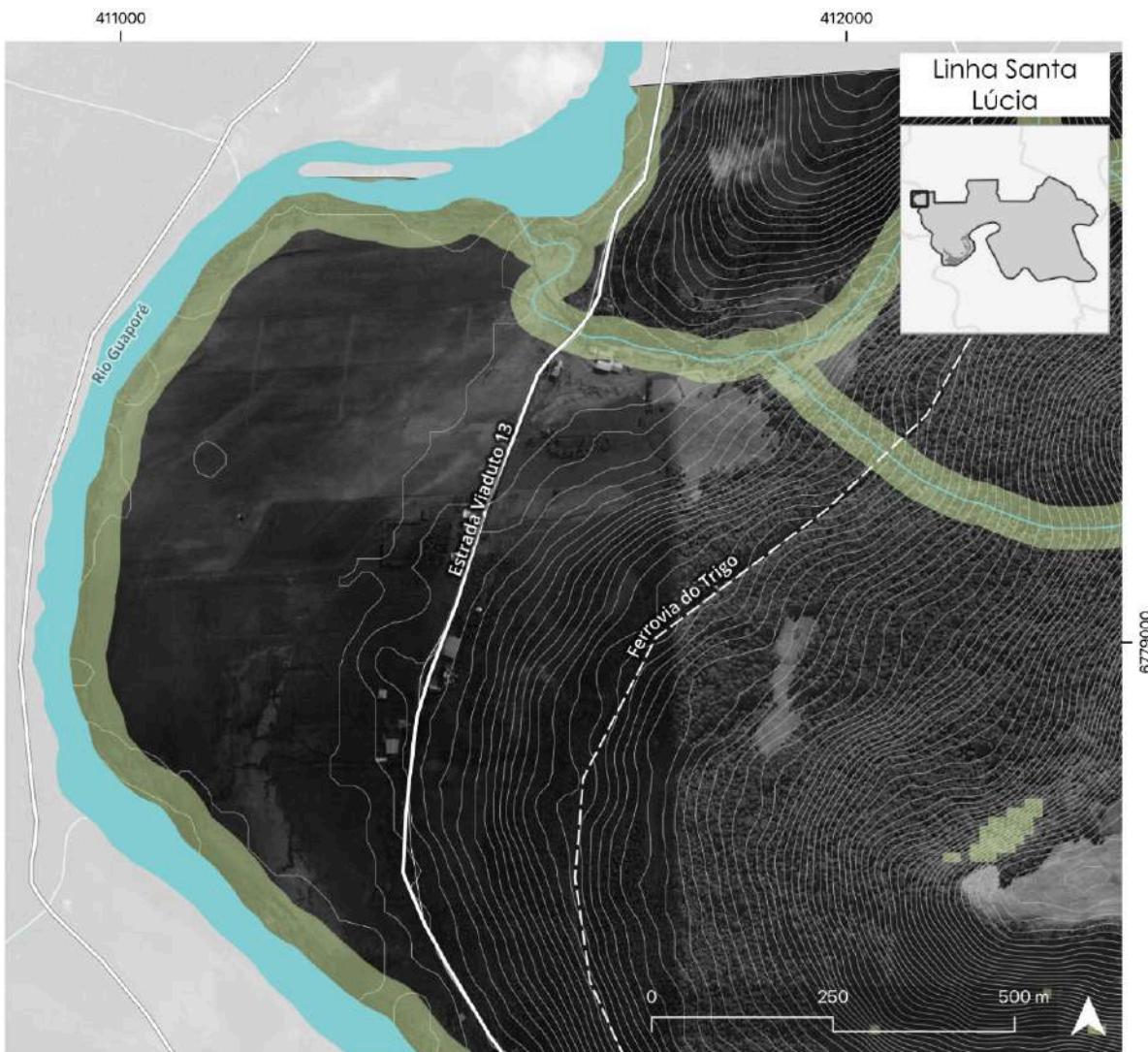


LEGENDA:

- | | |
|--|---|
|  Áreas de Preservação Permanente (APP de hidrografia e declividade) |  Rodovias federais e estaduais |
|  Vias municipais |  Hidrografia |

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Figura 49: Áreas de Preservação Permanente na Linha Santa Lúcia e entorno imediato.



LEGENDA:

- | | |
|---|---|
|  Áreas de Preservação Permanente
(APP de hidrografia e declividade) |  Rodovias federais e estaduais |
|  Hidrografia |  Vias municipais |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

O Item 2 apresentou a caracterização geral do Município de Muçum e, a partir disso, no título a seguir, será apresentado o Zoneamento das áreas de risco para o Município.

3. DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

O mapeamento das áreas de risco e os estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre são instrumentos de prevenção e

minimização de desastres, de competência de todos os entes federados: União, estados, Distrito Federal e municípios (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) foi instituída pela Lei nº 12.608 de 2012 tendo como uma de suas diretrizes a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres (art. 4º, inciso III) (BRASIL, 2012).

A lei, em seu artigo 1º traz as seguintes definições:

V - desastre: resultado de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis que causa significativos danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

[...]

VII - plano de contingência: conjunto de procedimentos e de ações previsto para prevenir acidente ou desastre específico ou para atender emergência dele decorrente, incluída a definição dos recursos humanos e materiais para prevenção, preparação, resposta e recuperação, elaborado com base em hipóteses de acidente ou desastre, com o objetivo de reduzir o risco de sua ocorrência ou de minimizar seus efeitos; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

VIII - prevenção: ações de planejamento, de ordenamento territorial e de investimento destinadas a reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações e a evitar a ocorrência de acidentes ou de desastres ou a minimizar sua intensidade, por meio da identificação, do mapeamento e do monitoramento de riscos e da capacitação da sociedade em atividades de proteção e defesa civil, entre outras estabelecidas pelos órgãos do Sinpdec; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

[...]

XIII - risco de desastre: probabilidade de ocorrência de significativos danos sociais, econômicos, materiais ou ambientais decorrentes de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

Pontuando, ainda, em seu artigo segundo, que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de acidentes ou desastres.

Quando se trata, então, de investigar situações de riscos e desastres, algumas informações se destacam por sua relevância na compreensão das dinâmicas territoriais, das transformações no uso e na ocupação do solo e dos impactos ambientais (BRASIL, 2021).

Em complemento, o artigo segundo do Decreto nº 10.692, de 2021 define deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas, áreas de risco e plano de contingência, conforme descrito a seguir:

Art. 2º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:

I - deslizamentos de grande impacto - os movimentos gravitacionais de massa, caracterizados pelo escorregamento de materiais sólidos, solos, rochas, vegetação ou materiais de construção ao longo de terrenos inclinados, com probabilidade de provocar danos humanos e materiais relevantes, além de graves prejuízos econômicos e sociais em decorrência da exposição de comunidades vulneráveis;

II - inundações bruscas - os transbordamentos de água da calha normal de rios, de lagos e de açudes e o volume de água que escoa na superfície de terrenos caracterizados pela grande magnitude e pela rápida evolução, com probabilidade de provocar danos humanos e materiais relevantes, além de graves prejuízos econômicos e sociais em decorrência da exposição de comunidades vulneráveis;

III - áreas de risco - as áreas suscetíveis à ocorrência de desastres, caracterizadas pela relevância dos elementos expostos a danos humanos, materiais e prejuízos econômicos e sociais;

IV - plano de contingência de proteção e defesa civil - o conjunto de medidas preestabelecidas destinadas a responder a desastres de forma planejada e intersetorialmente articulada, com o objetivo de minimizar os seus efeitos (BRASIL, 2021).

As áreas de risco são, portanto, aquelas áreas suscetíveis à ocorrência de desastres, caracterizadas pela relevância dos elementos expostos a danos humanos, materiais e prejuízos econômicos e sociais.

Os mapeamentos de riscos se configuram, então, como importantes instrumentos de planejamento e prevenção, sendo estratégicos para indicar: suscetibilidade (áreas que apresentam predisposição natural para ocorrência de processos físicos, como uma inundação, que podem se tornar ameaças); aptidão geotécnica à urbanização (as potencialidades e as limitações dos terrenos para sua ocupação urbana com segurança); a setorização e graus de Risco (delimitação dos espaços territoriais sujeitos a riscos e análise da potencialidade de ocorrência por meio dos respectivos graus de risco) (BRASIL, 2021).

No contexto das cidades, envolve essencialmente as questões ambientais, urbanas e sociais, sendo importante considerar todas elas para a compreensão da realidade do município e da região quando do mapeamento das áreas de risco. Neste escopo, as leis vigentes cumprem importante papel de orientação. A seguir, trata-se então da fundamentação legal pertinente ao mapeamento das áreas de risco.

3.1. Fundamentação Legal

As inundações e movimentos de massa ocorridos em diferentes localidades no Vale do Taquari representam problemas de ordem ambiental, social e econômica. Embora esses fenômenos na região sejam de ordem natural, os impactos decorrentes são resultados de um

modelo de urbanização que tem mostrado falhas ao não considerar de forma efetiva os riscos de desastres naturais, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada no uso e ocupação do solo.

A Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) é um marco importante nesse contexto, ela trouxe alterações ao Estatuto da Cidade, incluindo novos requisitos para os planos diretores dos municípios, incorporando os artigos 42-A e 42-B que exigem a inclusão de diretrizes para a gestão de riscos e desastres nas estratégias urbanísticas e têm o objetivo de assegurar que os planos diretores considerem os riscos de desastres, integrando estratégias de proteção e defesa civil ao planejamento urbano. Visando, com isso, assegurar que as cidades estejam preparadas para lidar com eventos adversos, minimizando os impactos e protegendo a população e o meio ambiente.

Textos legais como a Lei nº 12.608/2012 são um passo importante para enfrentar os desafios das cidades brasileiras frente a desastres naturais, mas é importante que haja uma aplicação prática eficaz e um comprometimento contínuo com a proteção e a segurança das comunidades. Neste sentido, apresenta-se aqui um panorama geral de legislações, planos e estudos pertinentes ao Zoneamento de Áreas de Risco em âmbito federal, estadual e municipal.

Tabela 2: Legislação, Planos e Estudos.

LEGISLAÇÃO, PLANOS E ESTUDOS	
FEDERAL	<ul style="list-style-type: none"> ● Constituição Federal de 1988; ● Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 1981); ● Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608 de 2012); ● Decreto Nº 10.692, de 3 de maio de 2021; ● Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 2001); ● Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR ● Lei de Parcelamento do solo urbano (Lei nº 6.766 de 1979); ● Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012); ● COBRADE - Classificação Brasileira de Desastres (BRASIL, 2017);
ESTADUAL	<ul style="list-style-type: none"> ● Código Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (Lei nº 11.520 de 2000); ● Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul (Lei nº 9.519 de 1992)

	<ul style="list-style-type: none"> ● Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS) ● Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/RS) ● Reserva da Biosfera da Mata atlântica ● Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 3 de outubro de 1989 ● Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano, Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021
REGIONAL	<ul style="list-style-type: none"> ● Plano Bacia Hidrográfica Taquari-Antas
MUNICIPAL¹²	<ul style="list-style-type: none"> ● Código de Edificações de Muçum (Lei Municipal 3.041/2009); ● Plano Diretor (Lei Municipal nº 191/68 alterada pela Lei Municipal nº 3249/11); ● Parcelamento do Solo (Lei Municipal 3227/11); ● Conselho Municipal de defesa do meio ambiente (Lei Municipal 2144/03).

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates.

Destaca-se, neste contexto, o artigo 164 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul que trata do papel do Estado, conforme transcreto a seguir:

Art. 164. O Estado manterá programas de prevenção e socorro nos casos de calamidade pública em que a população tenha ameaçado os seus recursos, meios de abastecimento ou de sobrevivência.

Parágrafo único. Lei complementar disporá sobre o sistema estadual de Defesa Civil, a decretação e o reconhecimento do estado de calamidade pública, bem como sobre a aplicação dos recursos destinados a atender às despesas extraordinárias decorrentes (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Já da Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano, Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021, que alterou a Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994 (Institui a Lei do Desenvolvimento Urbano), destaca-se o seguinte:

Art. 17. Fica vedado o parcelamento do solo para fins urbanos:

I - em terrenos sujeitos a inundações;

II - em terrenos alagadiços antes de proceder-se à drenagem definitiva e à compactação do solo, atendidas as exigências dos órgãos competentes;

III - em terrenos ou parcelas de terreno com declividade superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

[...]

V - em terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselhem a edificação;

VI - em terrenos situados fora do alcance dos serviços públicos de abastecimento de água potável e de energia elétrica, salvo se atendidas as exigências específicas dos órgãos competentes;

VII - nas áreas de preservação permanente, instituídas por lei;

[...] (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

¹² Legislação vigente no Município de Muçum.

E ainda,

Art. 43. São áreas de urbanização restrita aquelas em que se revele conveniente conter os níveis de ocupação, notadamente em função de:

I - vulnerabilidade a alagamento, desmoronamentos ou outras condições adversas; [...] (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Estes trechos estão diretamente relacionados ao uso e ocupação do solo urbano e estão alinhados com a Lei nº 6.766/79 que regula o Parcelamento do Solo Urbano a nível nacional. Em complemento, a seguir estão destacadas outras leis e políticas federais pertinentes ao tema.

3.1.1. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Lei nº 12.608/12

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil vem regulada pela Lei nº 12.608/12 e traz como dever da União, Estados e Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre, preventivas e mitigadoras, ainda que incerta seja sua ocorrência (artigo 2º), integrando-se tais ações com a política de desenvolvimento urbano e demais políticas setoriais (artigo 3º, parágrafo único). O COBRADE (Classificação Brasileira de Desastres), sistema desenvolvido pelo governo brasileiro para categorizar e sistematizar os diferentes tipos de desastres naturais e antrópicos que podem ocorrer no país. Essa classificação visa facilitar a identificação, monitoramento e gestão dos desastres, além de aprimorar a resposta e a recuperação das comunidades afetadas. Utiliza uma estrutura que organiza os desastres em classes e tipos, promovendo uma abordagem mais eficiente e integrada para a prevenção, mitigação e assistência em situações de emergência. Para fins deste relatório, foram utilizadas nomenclaturas equivalentes ao Cobrade, em especial no que se refere aos fenômenos naturais, grupos Geológico (Movimentos de Massa) e Hidrológico (Inundações, Enxurradas e Alagamentos).

Dentre as relevantes diretrizes desta política, priorizam-se: a adoção de ações preventivas; a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água; e o planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres no território nacional (artigo 4º) (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

Ao lado dos Planos de Contingência, a política nacional de proteção e defesa civil promoveu importantes alterações na política de desenvolvimento urbano, concretizada no Estatuto da Cidade, incorporando a ideia de prevenção no planejamento e organização das cidades (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

A Lei nº 12.608/12 está relacionada diretamente com o Estatuto da Cidade, ao colocar como responsabilidade dos Municípios o dever de constante vigilância pelo controle do uso e ocupação do solo urbano de modo a evitar ou mitigar a exposição da população a riscos de desastres, e de normatização, seja pela obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor, seja pela ampliação do seu conteúdo mínimo (inclusive por ocasião da revisão), ou ainda na necessidade de delimitação dessas áreas na expansão do perímetro urbano, traçando um olhar permanente sobre a redução de riscos de desastres na gestão das cidades, conhecendo suas áreas de risco e definindo as estratégias, de uso do solo, para evitar ou conter ocupações nestes locais (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

A Lei nº 12.608/12 tem reflexos também em outros instrumentos da política de desenvolvimento urbano, como a Lei nº 6.766/79, Lei do parcelamento do solo urbano, que passa a exigir, para aprovação do projeto de parcelamento nos Municípios inseridos no cadastro nacional com áreas suscetíveis a desastres, o atendimento aos requisitos constantes da carta geotécnica de aptidão à urbanização, sendo igualmente vedada, em quaisquer municípios, a aprovação de projetos em áreas definidas no Plano Diretor ou legislação correlata como não edificáveis (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

3.1.2. Plano Diretor e Estatuto da Cidade - Lei 10.257/01

O Plano Diretor é um instrumento básico da política de desenvolvimento do município, sendo sua principal finalidade orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbano e rural, na oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida à população. A elaboração do Plano Diretor visa definir objetivos, diretrizes e propostas de intervenção para o desenvolvimento do

município, levando em consideração o Estatuto da Cidade, na garantia do direito à cidade sustentável e da gestão democrática.

O Estatuto da Cidade é a Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais para o desenvolvimento urbano no Brasil. Esta legislação visa promover o desenvolvimento das cidades de forma ordenada e sustentável, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

O artigo 42-A do Estatuto da Cidade, conforme a Lei nº 12.608/2012, estabelece medidas específicas que devem ser incorporadas ao plano diretor dos municípios listados no cadastro nacional de áreas suscetíveis a desastres, como deslizamentos e inundações. Estas medidas visam a integração de estratégias para a prevenção e mitigação dos riscos associados a esses eventos. O artigo 42-A é detalhado em seis incisos, conforme descrito e comentado a seguir:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda; (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

Os planos devem prever e permitir uma variedade de usos para o solo, como residencial, comercial, industrial e de serviços. A diversidade de usos pode contribuir para a vitalidade econômica e a integração social dos bairros. Assim como, incluir estratégias que favoreçam a criação de empregos e oportunidades econômicas, por meio do desenvolvimento de áreas comerciais e industriais, por exemplo, e de projetos que estimulem a atividade econômica local.

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

O mapeamento ajuda a direcionar políticas públicas e ações de mitigação, além de auxiliar no planejamento urbano e na gestão de riscos. Esse mapeamento é uma ferramenta fundamental para a gestão de riscos e para a criação de estratégias de prevenção e resposta a desastres.

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

O planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de populações de áreas de risco de desastre é um componente essencial para a mitigação e gestão de riscos de desastres naturais. Este processo envolve várias etapas e estratégias, incluindo a identificação e análise de áreas de risco; desenvolvimento de planos de intervenção preventiva; realocação da população, implementação e monitoramento, e Participação Comunitária.

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

Medidas de drenagem urbana são essenciais para a prevenção e mitigação dos impactos de desastres relacionados a inundações e outros problemas associados à gestão de águas pluviais. Implementar essas medidas ajuda a minimizar o impacto de desastres relacionados a águas pluviais, reduzindo a probabilidade de inundações e melhorando a resiliência urbana frente a eventos climáticos extremos.

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

A regularização fundiária e o planejamento para habitação de interesse social são aspectos críticos na gestão urbana, especialmente em assentamentos urbanos irregulares. Essas diretrizes visam promover a legalização, melhorar as condições de vida e assegurar que o desenvolvimento urbano atenda às necessidades da população de forma sustentável. Implementar essas diretrizes assegura não apenas a legalização dos assentamentos urbanos irregulares, mas também promove a inclusão social e o desenvolvimento urbano ordenado, atendendo às necessidades habitacionais de forma equitativa.

VI - identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014);

A identificação e preservação das áreas verdes municipais são fundamentais para o planejamento urbano sustentável e a redução da impermeabilização das cidades. As áreas

verdes desempenham um papel crucial na gestão das águas pluviais, no controle de temperaturas e na promoção da qualidade de vida urbana. Seguir essas diretrizes ajuda a manter a integridade das áreas verdes, melhorar a gestão das águas pluviais e promover um ambiente urbano mais sustentável e saudável.

Ainda, o Art. 42-B, incluído pela Lei nº 12.608, de 2012 estabelece que ao ampliar o perímetro urbano de um município é necessário elaborar projeto específico, além de seguir as diretrizes do plano diretor, se houver. Essa medida visa garantir que a expansão urbana seja planejada de forma adequada, levando em conta as condições ambientais, sociais e urbanísticas. A lei (projeto específico ou plano diretor) que ampliar o perímetro urbano municipal deve apresentar o conteúdo mínimo expresso nos incisos do art. 42-B do Estatuto da Cidade.

Não existe na legislação vigente de Muçum nada que fale sobre riscos de declividade excessiva ou em relação às proibições construtivas, a não ser um decreto interno de 2024 não publicado que proíbe a construção e reconstrução na área do entorno do Cemitério Municipal.

3.1.3. Nota Técnica nº 1 de 2023, Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento - Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos

A nota técnica número 1 de 2023 atualiza os critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de riscos e de desastres naturais. Utiliza como base os dados históricos de desastres das últimas décadas, mapeamentos atuais e informações do Censo Demográfico 2022, como segue:

- a) Atlas de Desastres e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID, de 1991 a 2022 (Sedec/MIDR);
- b) Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014);
- c) Base Territorial Estatística de Áreas de Risco – BATER (Cemaden/MCTI – IBGE);
- d) Cartas de Risco Geológico – Setorizações Áreas de Risco Alto e Muito Alto a Movimentos de Massa e Inundações, Escala detalhe 1:2.000 (SGB-CPRM/MME);
- e) Dados de dias com chuvas superiores a 50 mm em todos os municípios do Brasil, período de 1981-2022 (Cemaden/MCTI)

- f) Dados de Adaptação à Mudança do Clima (SMC/MMA);
- g) Dados relativos aos Planos Municipais de Risco (SNP/MCID);
- h) Dados relativos aos planos municipais de drenagem e saneamento básico, (SNSA/MCID);
- i) Informações do Censo 2022 – nome do município, nome do estado, código de identificação e população total (IBGE, 2022).
- j) Municípios monitorados para inundações ribeirinhas (SGB-CPRM/MME);
- l) Municípios monitorados para movimento de massa e processos hidrológicos (Cemaden/MCTI); e
- m) Municípios apoiados com obras do PAC e seus respectivos valores para macrodrenagem e contenção de encostas (MCID)(BRASIL, 2023).

Considerando esta base de dados, a nota estabelece os indicadores mais relevantes para a identificação dos municípios mais suscetíveis, como segue:

- a) lista de municípios críticos de 2012;
- b) registro de óbitos entre 1991 e 2022;
- c) registros de eventos entre 1991 e 2022;
- d) desalojados ou desabrigados no período de 1991 a 2022;
- e) estimativa de população em áreas mapeadas com riscos geo-hidrológicos;
- f) vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014);
- g) dias de chuvas acima de 50 mm, de 1981 a 2022 (BRASIL, 2023).

A partir disso, no anexo 1 da nota, consta a lista dos 1.942 municípios brasileiros mais suscetíveis a ocorrências de movimentos de massa, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais, onde encontram-se listados os Municípios de Arroio do Meio, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, Muçum e Roca Sales. Os tipos de riscos identificados em cada um deles são: Encantado - deslizamento, enxurrada e inundações; Roca Sales - enxurrada e inundações; Muçum – deslizamento, enxurrada e inundações; Estrela – enxurrada e inundações; Cruzeiro do Sul - deslizamento, enxurrada e inundações; Colinas: Enxurrada e Inundação; e Arroio do Meio – enxurrada e inundações.

Com base no diagnóstico físico e eventos extremos recentes vivenciados na região do Vale do Taquari, com registros de enxurradas, inundações e movimentos de massa, a seguir estão apresentados o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos de massa para o município de Muçum.

3.2. Áreas suscetíveis à fenômenos naturais e zoneamento de riscos

O zoneamento de áreas de risco de inundações, bem como de movimentos de massa, é uma medida não-estrutural que permite reduzir os impactos de cheias fluviais e movimentos de massa através do disciplinamento do uso do solo. Para tal, se faz necessário compreender quais são as áreas suscetíveis e a tipologia do fenômeno natural incidente nestas áreas, passos estes preliminares à etapa da determinação das zonas de risco.

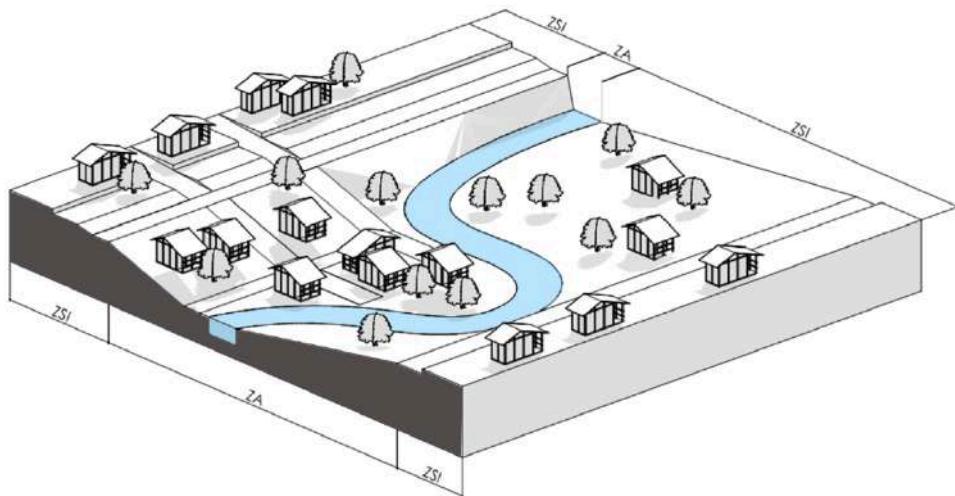
3.2.1. Áreas suscetíveis a inundações

No que tange o zoneamento de risco para áreas suscetíveis à inundações, faz-se necessário destacar que em locais com ocorrência frequente destes fenômenos, o zoneamento deve considerar diferentes magnitudes de inundaçāo, das mais frequentes às inundações raras. A **ZSI (Zona de Suscetibilidade à Inundação)** é uma área que apresenta maior risco de alagamentos devido a fatores como topografia, uso do solo, tipo de solo e condições climáticas. A metodologia utilizada para espacializar esta mancha será descrita abaixo.

Ao analisar a região de inserção do presente projeto, se faz necessário avaliar os mecanismos físicos singulares da região. Nesse sentido, ao observar o conjunto de características físicas da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas e a localização do Vale do Taquari na porção média-baixa da bacia, é observado que, com a ocorrência de chuvas intensas e volumosas, resultam enxurradas. Esse tipo de fenômeno tem acentuadas características de velocidade e energia de escoamento da água, gerando um efeito de arraste em algumas áreas que se propagam, onde os maiores impactos ocorrem meandros erosivos do recurso fluvial. Desta forma, para a região do Vale do Taquari, também faz-se necessário trabalhar com a segmentação de Zoneamento de Arraste.

Logo, as **Zonas de Arraste (ZA)** são áreas adjacentes às margens erosivas de zonas meândricas, ou seja, regiões de ocorrência de curvas acentuadas. Nas Zonas de Arraste, quando da ocorrência de enxurradas, ocorre a desfragmentação da paisagem que compõe a linha de corte do fenômeno.

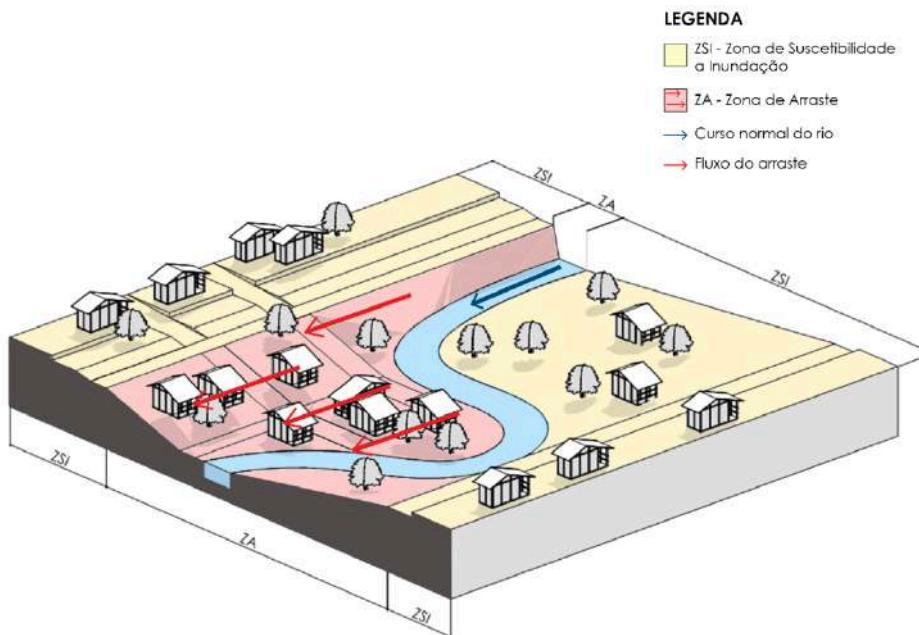
Figura 50: Situação das áreas inundáveis.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

Na figura 50, é possível visualizar uma simulação do perfil das áreas inundáveis em um ambiente urbano e na figura 51 pode-se identificar a espacialização da Zona de Suscetibilidade a Inundação (ZSI) em amarelo, que abrange toda a área inundável; e da Zona de Arraste (ZA), em vermelho, que é uma área inserida na área inundável, e é onde ocorre a desfragmentação da paisagem.

Figura 51: Zoneamento de tipos de risco para áreas suscetíveis à inundaçāo.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

Para a composição do mapeamento das zonas de risco em regiões mais declivosas como a Bacia Taquari-Antas, diferentes dados devem ser levantados. Para a ZSI, por exemplo, se faz necessário o estudo estatístico das máximas históricas de inundações de uma série confiável de pelo menos 30 anos de dados, associadas há uma revisão aprofundada e comparativa da diferença de topologias existentes entre dados, considerando montante e jusante dos pontos de leitura das cotas máximas. Além disso, se faz necessário a validação de dados de campo e, devido ao tempo que demanda este tipo de análises, esses resultados estão em fase de estruturação para avanço e entregas a posterior. Apesar disso, para a presente etapa foi modelada a mancha de inundaçāo referente a cheia de 02 de maio de 2024, conforme descrito a seguir.

3.2.1.1. Metodologia para identificação das zonas preliminares de arraste e áreas com suscetibilidade à inundaçāo

A seguir, são apresentadas as etapas metodológicas para a modelagem das áreas inundáveis.

Equipamentos, materiais e softwares

Para a execução da modelagem e das simulações foram utilizados dados de vazão, níveis, condições de contorno, batimetria, topobatimetria (seções que integram a batimetria do canal com a topografia da planície de inundaçāo) para todas as seções transversais, parâmetro de atrito (coeficiente de rugosidade) em cada seção transversal e um MDE no pós-processamento para o espraiamento da inundaçāo em um plano 2D. As seções topobatimétricas utilizadas no estudo foram obtidas a partir do projeto Taquari Antas, desenvolvido pelo IPH-UFRGS e Univates em 2015. Cabe destacar que variações das condições hidráulicas podem ocorrer devido às mudanças de declividade do fundo do canal, presença de pontes, ilhas e obstruções; alargamentos ou estreitamentos da seção transversal, dentre outros motivos (MONTE *et al*, 2016).

Configurações do modelo hidrológico

No software de modelagem hidrodinâmica HEC-RAS, a simulação da propagação do escoamento pode ser realizada considerando o fluxo em 1D e 2D. No fluxo 1D, o HEC-RAS permite que o regime de escoamento ocorra em regime permanente ou não permanente.

Em 2D somente é possível realizar as simulações em regime não permanente. Em cada um desses casos, o HEC-RAS aplica diferentes equações matemáticas para obtenção dos resultados. No presente estudo, a modelagem foi realizada com fluxo 1D, em regime de escoamento permanente e não permanente. Esta ferramenta possibilita a análise da influência da obstrução do fluxo na margem (representando a ocupação do solo), observando tanto a largura quanto a elevação da linha d'água em cada seção transversal, permitindo a simulação das áreas de maior e menor risco.

Modelagem hidrodinâmica

A execução da modelagem hidrodinâmica com fluxo não permanente 2D para a cidade de Muçum foi realizada com base no manual hidráulico do HEC-RAS (USACE-RAS, 2016b). A primeira etapa da modelagem envolveu a inserção dos dados de entrada no modelo (DEM, declividade do canal, rugosidade, batimetria, seções transversais, infraestruturas, vazão, entre outras), utilizando os valores máximos de vazões obtidos por diferentes estações fluviométricas ao longo do rio Taquari para calibração do modelo. Os resultados foram avaliados através das simulações das lâminas de inundação, além do uso de imagens de satélite como Planet e Sentinel para validação da mancha de inundação.

Um dos parâmetros essenciais para a modelagem hidrodinâmica é o ajuste do coeficiente de rugosidade de Manning (n). Inicialmente, foram considerados os valores definidos por Chow (1959), sendo 0,04 para o canal principal dos cursos de água naturais e 0,3 para margens dos cursos de água no modelo. Após uma etapa de calibração manual, buscando a melhor representação das variações das características de uso do solo em Muçum, foram definidos os valores de 0,03 para o canal principal e 0,2 para as margens.

Condição de contorno de montante

Para os eventos de inundações simulados na primeira etapa de modelagem 2D, foram considerados os dados de vazão arbitrados com base nos valores máximos de vazão das estações localizadas a montante, na seção de Muçum.

Condições de contorno de jusante

Para os eventos de inundações simulados nesta primeira etapa da modelagem, a condição de jusante inserida foi a declividade da linha de energia, igualada à declividade do fundo do canal do rio Taquari. Foi utilizado um valor de declividade de $0,0003 \text{ m.m}^{-1}$, obtido através dos dados disponibilizados pelas seções topobatimétricas utilizadas nesse estudo até a região da barragem eclusa de Bom Retiro do Sul (AGROSIG; FEENG, 2016).

Modelo Digital de Terreno (MDT) e Topobatimetria

Para a representação da superfície na modelagem hidrodinâmica, foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT) ANADEM (LAIPELT *et al.*, 2024) desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). O MDT remove o efeito da vegetação a partir do produto Copernicus GLO DEM, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pela Agência Espacial Europeia (ESA). Além disso, foi realizado um ajuste nos valores de elevação do canal principal do MDT com dados de topobatimetria disponíveis, para melhorar a representação do escoamento ao longo do trecho do rio simulado.

Adicionalmente, os resultados do modelo foram comparados com informações obtidas de manchas de inundaçāo registradas por imagens de satélite, visando uma delimitação mais precisa da cota máxima da mancha de inundaçāo de 02 de maio de 2024.

Definição das Zonas preliminares de Arraste

Para a determinação das Zonas de Arraste, são cruzados um conjunto de variáveis. Dentre essas variáveis, as condições meândricas, considerando flancos de erosão e sedimentação da calha principal, declividade e ainda, foram cruzados os mapeamentos por conjuntos da região.

Cabe ressaltar que o mapeamento de conjunto é uma metodologia utilizada para elaboração de material gráfico para compor Planos de Trabalho orientados pela portaria 998 de 5 de abril de 2022, do Ministério do Desenvolvimento Regional/Gabinete do Ministro (BRASIL, 2022). Esses planos são cadastrados para solicitação de recursos, junto ao governo federal, para novas unidades habitacionais, as quais, se aprovado plano de trabalho, devem ser implementadas em áreas sem risco. Os planos de trabalho devem apresentar os danos relacionados à habitação, classificando as unidades habitacionais atingidas em destruídas,

interditadas ou adjacentes. A proposição de uma intervenção de baixo custo para o local atingido, que tem por objetivo evitar a reincidência de habitações nesse local, deve ser encaminhada junto ao mapeamento. Esse mapeamento contempla imagens de satélite anteriores ao evento e ortomosaicos registrados após o evento, sobre os quais devem estar mapeadas e identificadas as unidades habitacionais georreferenciadas.

A SEDUR e a Univates, em apoio aos municípios atingidos pelas cheias nos eventos climáticos de setembro de 2023 e maio de 2024, realizaram o mapeamento de conjuntos em diversos municípios gaúchos. Em Muçum foram mapeados 2 conjuntos, após o evento de setembro de 2023, não havendo novos conjuntos após o evento de maio de 2024. Ressalta-se, entretanto, que nem todos conjuntos estão em áreas caracterizadas como zonas preliminares de arraste, uma vez que essas áreas foram sobrepostas aos dados que são apresentados no decorrer desta seção.

O mapa a seguir, figura 52, ilustra os conjuntos atingidos pelos eventos de setembro de 2023 mapeados na sede urbana de Muçum. Estes se concentram junto às margens do Rio Taquari, sendo um ao lado do cemitério municipal, e outro próximo à Ponte Rodoviária Brochado da Rocha, ao longo da Rua Luís Signori. Ainda, é possível observar edificações isoladas, classificadas como destruídas, que foram mapeadas de forma pulverizada na área urbana do município.

Figura 52: Conjuntos mapeados no evento de setembro de 2023, em Muçum.



LEGENDA:

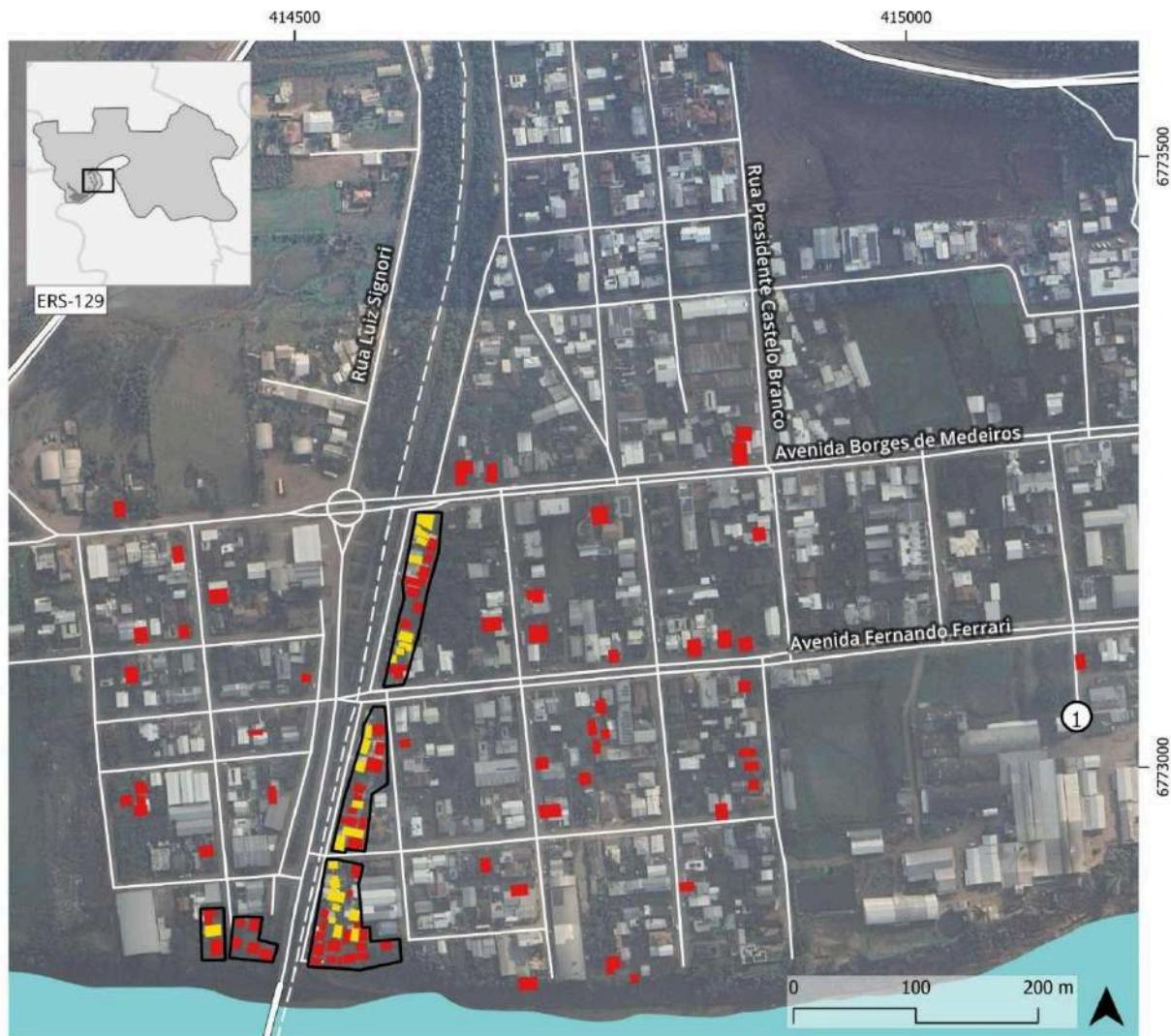
- Edificações atingidas (set/2023)
- Edificações destruídas
- Edificações adjacentes
- Conjuntos para intervenção de baixo custo

- Pontos de referência:**
- ① Curtume CBR
 - ② Ponte Rodoferroviária Brochado da Rocha
 - ③ Estação Rodoviária
 - ④ Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação

- Rodovias
- Ferrovia
- Vias
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Urbano Univates, com base no mapeamento de conjuntos realizado em setembro de 2023.

Figura 53: Ampliação dos conjuntos ao longo da Rua Luís Signori, no evento de setembro de 2023, em Muçum.



LEGENDA:

- Edificações atingidas (set/2023)
- Edificações destruídas
- Edificações adjacentes
- Conjuntos para intervenção de baixo custo

- Rodovias
- Ferrovia
- Vias
- Hidrografia

- Pontos de referência
- ① Curtume CBR

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Urbano Univates, com base no mapeamento de conjuntos realizado em setembro de 2023.

Figura 54: Ampliação do conjunto no entorno do Cemitério Municipal, no evento de setembro de 2023, em Muçum.



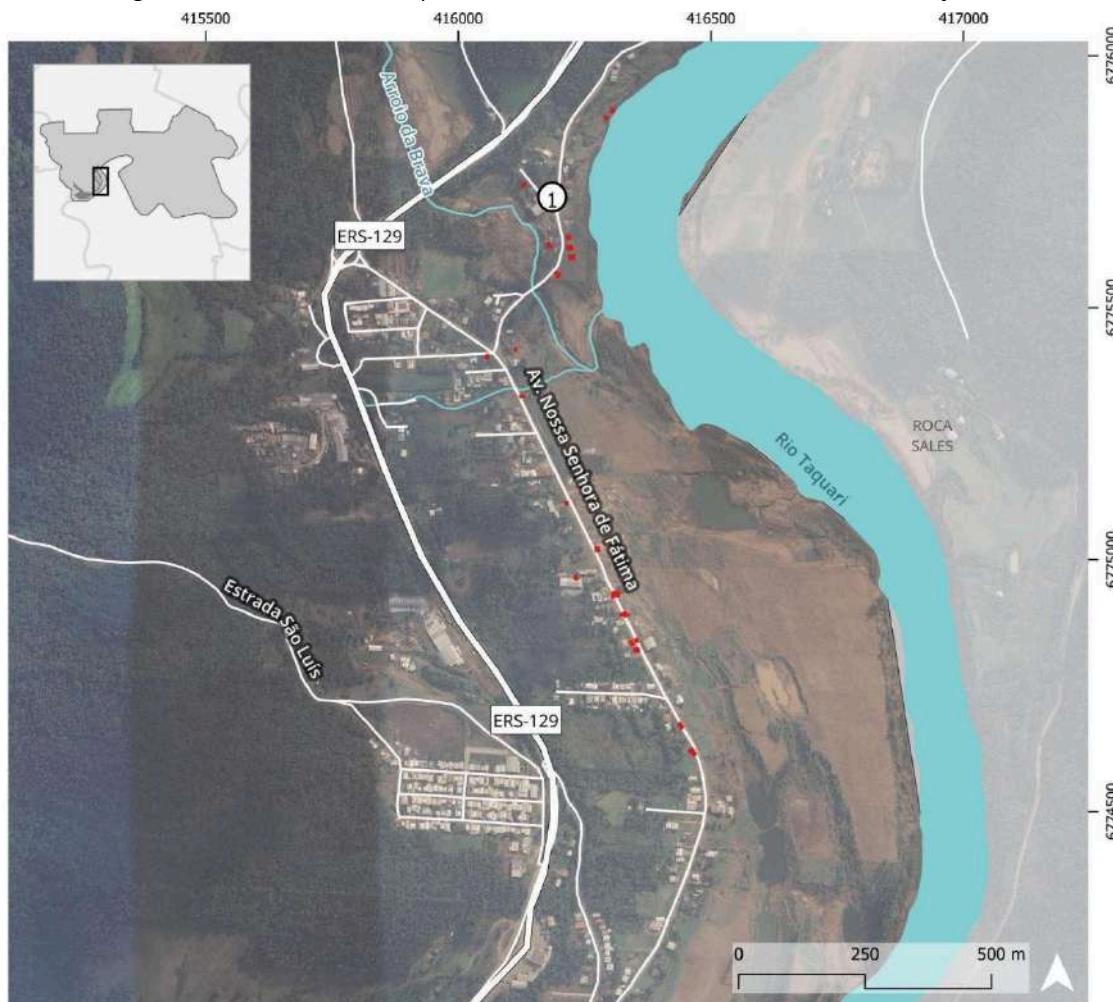
LEGENDA:

Edificações atingidas (set/2023)	— Rodovias	Pontos de referência
■ Edificações destruídas	— Vias	① Cemitério Municipal
□ Conjuntos para intervenção de baixo custo	■ Hidrografia	

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Urbano Univates, com base no mapeamento de conjuntos realizado em setembro de 2023.

Ao longo da Av. Nossa Senhora de Fátima, próximo à planície de inundação do Rio Taquari, é possível observar algumas unidades habitacionais destruídas, que foram mapeadas como unidades isoladas. Ainda, próximo ao encontro do Arroio da Brava com o Rio Taquari, algumas unidades habitacionais também foram destruídas.

Figura 55: Casas isoladas mapeadas no evento de setembro de 2023, em Muçum.



LEGENDA:

- | | |
|----------------------------------|---------------|
| Edificações atingidas (set/2023) | — Rodovias |
| ■ Edificações destruídas | — Ferrovia |
| Pontos de referência: | — Vias |
| ① Capela Nossa Senhora de Fátima | ■ Hidrografia |

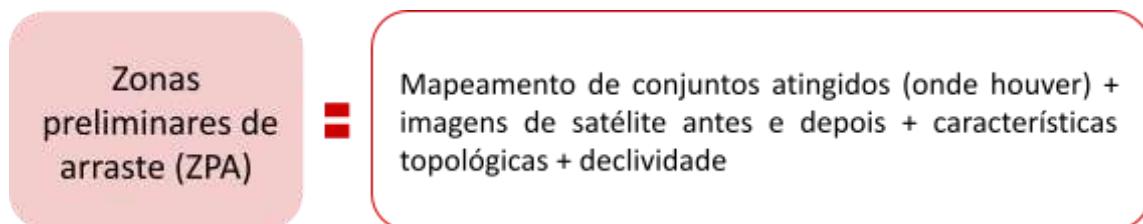
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Urbano Univates, com base no mapeamento de conjuntos realizado em setembro de 2023.

Logo, para a definição das zonas de arraste, foram realizada análises por meio de imagens de satélite anteriores e após os eventos de setembro de 2023 e ortomosaicos¹³ coletados após os eventos, bem como, associadas a características topológicas meândricas, de declividade e condições das estruturas danificadas (edificações destruídas e danificadas

¹³ A fototriangulação é uma técnica fotogramétrica utilizada para determinar coordenadas de pontos de um local específico, na qual um dos objetivos é fornecer coordenadas precisas para a elaboração de ortofotos ou ortomosaicos (ANDRADE, 1998).

observadas nos mapeamentos de conjunto), sendo geradas dessa forma, as zonas preliminares de arraste (ZPA). Destaca-se que a variável de maior relevância, são as variáveis meândricas, pois nessas regiões, a maior tendência é a ocorrência de fluxos contínuos, de maior velocidade de escoamento, gerados a partir de precipitações intensas e/ou volumosas.

Figura 56: Composição das zonas preliminares de arraste.



Fonte: Elaborado por Equipe de Planejamento Territorial Univates com base em metodologia descrita neste relatório.

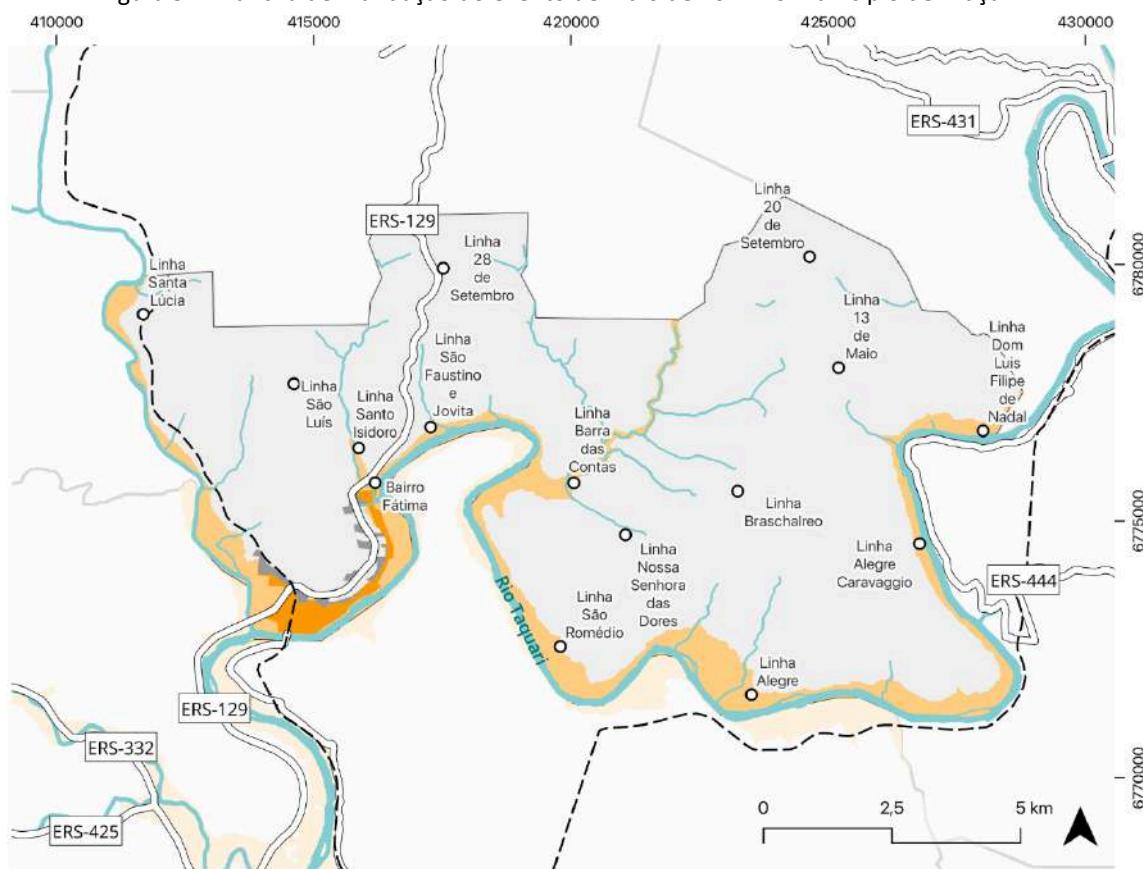
Para definição das zonas definitivas de arraste, os dados acima devem ser cruzados com a modelagem hidrodinâmica, que ilustrará a velocidade atingida, evidenciando em caráter mais aproximado a caracterização do arraste.

3.2.1.2. Áreas com Suscetibilidade à Inundação

No mapa da Figura 57 está apresentada a mancha de inundação referente ao evento de maio de 2024 no Município de Muçum, onde é possível verificar que as áreas urbanizadas da sede do município e o bairro Fátima foram afetadas. Além disso, observa-se que as comunidades de Linha Santo Isidoro, Linha São Faustino e Jovita, Linha Barra das Contas, Linha São Romédio, Linha Alegre, Linha Alegre Caravaggio e Linha Dom Luiz Felipe de Nadal, que se localizam ao longo das margens do Rio Taquari, também foram afetados pela inundação.

Adicionalmente, é possível observar no mapa que as áreas de suscetibilidade à inundação no município são de acentuada expressividade, uma vez que comprometem acessos importantes. A ERS-129, via de acesso principal ao município, é atingida pela inundação no sentido sudoeste, que conecta Muçum à Encantado e aos demais municípios ao sul. Da mesma forma, seguindo pela Rua Luís Signori, a ponte rodoviária (antes de seu rompimento) que leva à Roca Sales também fica comprometida, uma vez que essa parcela do território de Roca Sales encontra-se em área alagável.

Figura 57: Mancha de inundação do evento de maio de 2024 no município de Muçum.



LEGENDA:

- | | |
|---|---------------------------------|
| ■ Áreas urbanizadas | — Rodovias estaduais e federais |
| ■ Suscetibilidade à inundação | -- Ferrovia |
| ■ Áreas urbanizadas diretamente afetadas pela inundação | ■ Hidrografia |
| ○ Núcleos urbanos isolados | |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

O município teve 14,36% do total da sua área inundada; quando considerada somente a área urbana, 53,40% do total foi inundada¹⁴, conforme apresentado na tabela 3.

¹⁴ Para o cômputo das áreas foi utilizada a malha de setores censitários do Censo 2010 (IBGE, 2010), tendo em vista que o Censo 2022 não havia divulgado até o fechamento deste relatório a classificação dos setores em urbano e rural.

Tabela 3: Percentual de áreas inundadas em Muçum.

Área total (km ²)	Área total inundada (km ²)	Área urbana (km ²) (IBGE, 2010)	Área urbana inundada (km ²)	Percentual de área inundada (total)	Percentual de área inundada (urbana)
111,1	15,9	5,7	3,0	14,3	53,4

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em IBGE 2010¹⁵.

Ainda, nas tabelas 4 e 5, é possível observar que 62,27% dos endereços do Município cadastrados no Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE (IBGE, 2022)¹⁶ foram atingidos, ou seja, 1.883 de um total de 3.024 endereços cadastrados. As maiores porcentagens de endereços atingidos estão entre os grupos: estabelecimentos de outras finalidades (77,29%), edificações em construção ou reforma (71,11%), estabelecimentos de ensino (70%), domicílios coletivos (66,67%) e estabelecimentos de saúde (66,67%). Os números apresentados nas tabelas 4 e 5 foram obtidos a partir do cruzamento da mancha de inundação de maio de 2024, modelada conforme metodologia descrita no presente relatório, com a base georreferenciada de endereços do CNEFE divulgados pelo IBGE para o ano de 2022.

Tabela 4: Percentual de endereços inundados em Muçum.

Percentual de endereços inundados conforme o uso (IBGE, 2022)	
Espécie de endereço	Muçum
Domicílio particular	61,72
Domicílio coletivo	66,67
Estabelecimento agropecuário	37,55
Estabelecimento de ensino	70,00
Estabelecimento de saúde	66,67
Estabelecimento de outras finalidades	77,29
Edificação em construção ou reforma	71,11
Estabelecimento religioso	63,64

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates com base no CNEFE (IBGE, 2022).

¹⁵ Para fins de cálculo foram utilizados os setores censitários do Censo 2010, tendo em vista que o Censo 2022 não havia divulgado até o fechamento deste relatório a classificação dos setores em urbano e rural.

¹⁶ O Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE é uma base de dados de abrangência nacional criada em 2005. Esse cadastro contempla endereços georreferenciados de domicílios e estabelecimentos de todo o país. Na atividade do CNEFE, endereços distribuídos por todo o território brasileiro são registrados tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais. Nessas áreas, o IBGE atualiza endereços localizados em áreas regulares e consolidadas, bem como em áreas de expansão urbana e de difícil acesso, onde o registro de endereços tende a ser frágil e não formalizado (IBGE).

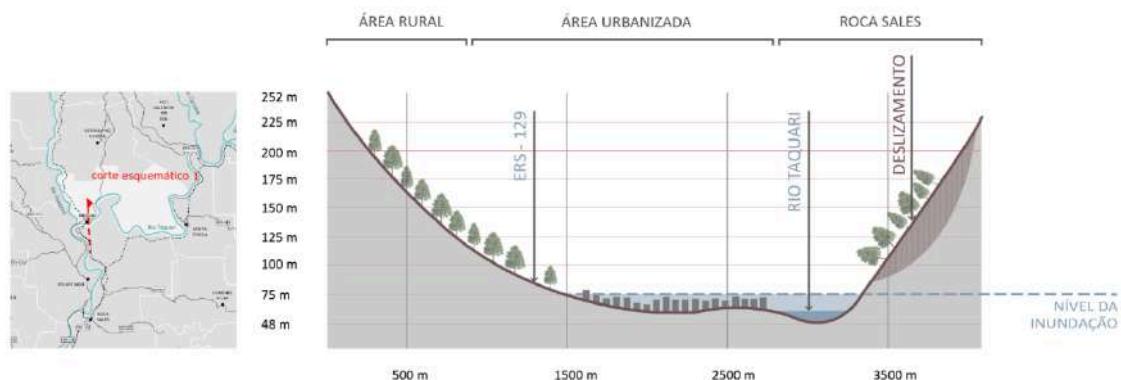
Tabela 5: número de endereços inundados em Muçum.

Número de endereços inundados conforme o uso (IBGE, 2022)		
Espécie de endereço	Muçum	
	Total	Inundadas
Domicílio particular	2.270	1.401
Domicílio coletivo	3	2
Estabelecimento agropecuário	237	89
Estabelecimento de ensino	10	7
Estabelecimento de saúde	12	8
Estabelecimento de outras finalidades	436	337
Edificação em construção ou reforma	45	32
Estabelecimento religioso	11	7
Total	3.024	1.883 (62,27%)

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates com base no CNEFE (IBGE, 2022).

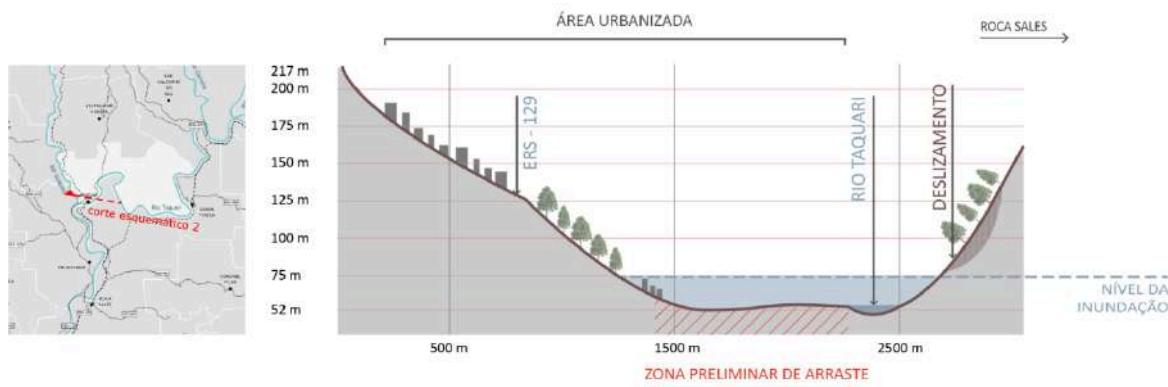
As figuras 58, 59 e 60, ilustram de forma esquemática o leito natural do Rio Taquari e o nível que a água atingiu na inundação de maio de 2024 na sede urbana de Muçum. Além disso, destacam-se as áreas de morro que sofreram movimentos de massa. Especificamente na figura 59, é possível observar em corte a zona preliminar de arraste. Os cortes foram elaborados a partir de perfis de elevação obtidos da topografia disponível na base do Google Earth, associados à mancha de suscetibilidade à inundação. Ressalta-se que tais cortes são ilustrativos e possuem margens de imprecisão devido à diferença de escalas e altimetria e, incertezas relativas ao próprio modelo de elevação utilizado pelo *Google Earth*.

Figura 58: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.



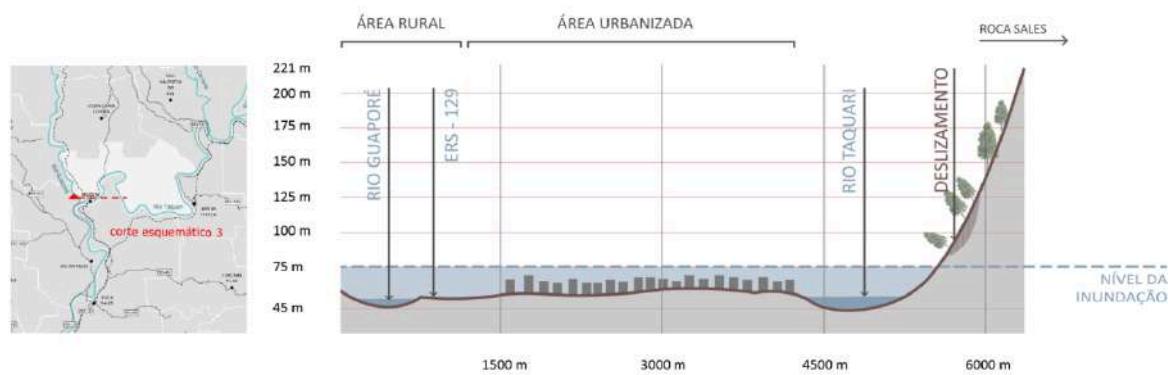
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

Figura 59: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

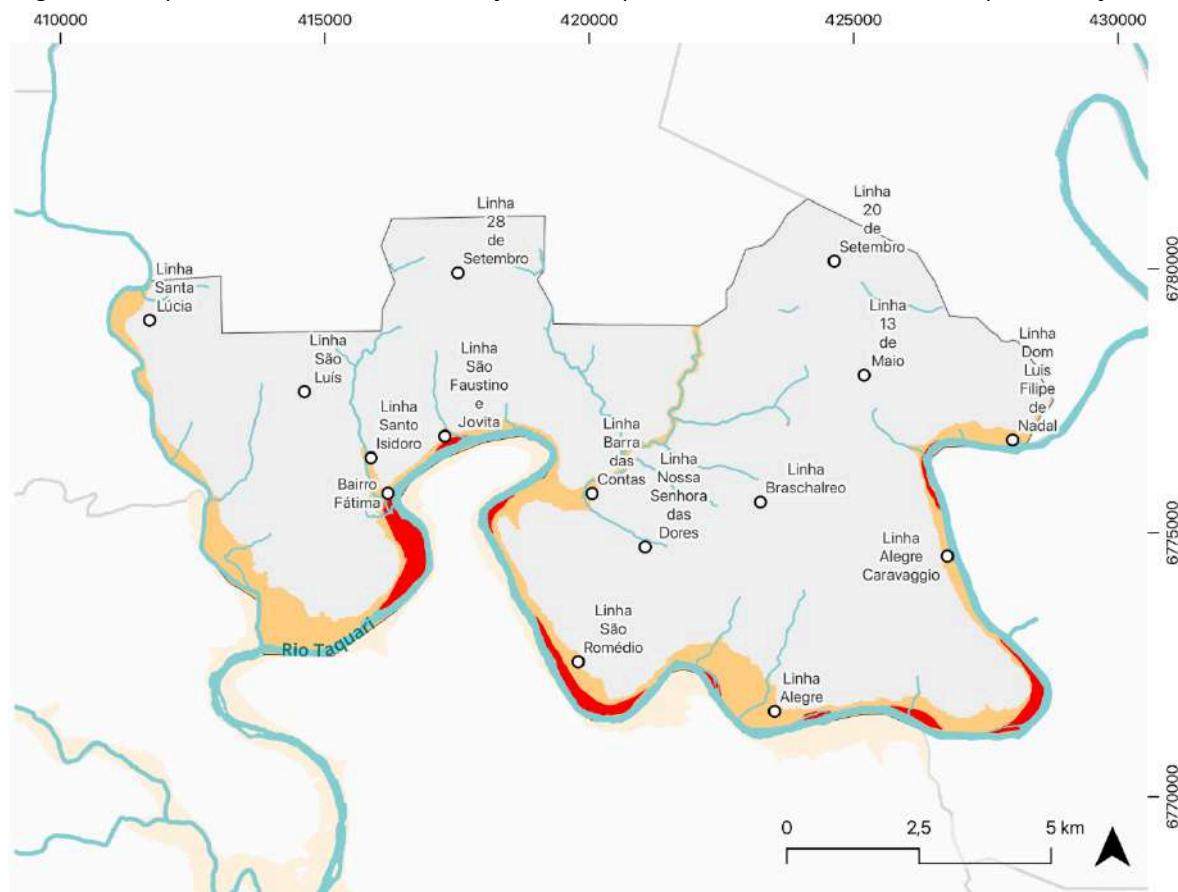
Figura 60: Corte esquemático de situação de inundação e movimento de massa em Muçum em maio de 2024.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

Já as zonas preliminares de arraste estão apresentadas no mapa da figura 61, o qual mostra a área de suscetibilidade à inundação acrescidas das zonas preliminares de arraste, identificadas conforme metodologia descrita na seção 3.2.1.1. Esse mapa pode ser conferido em maior resolução e ampliação no Anexo 1. Em escala municipal, é possível observar que as zonas preliminares de arraste estão presentes no bairro Fátima de forma expressiva, bem como na Linha São Faustino e Jovina. Nas localidades Linha São Romédio, Linha Alegre e Linha Alegre Caravaggio, também foram identificadas zonas preliminares de arraste. Quanto às zonas preliminares de arraste, são 9 as áreas demarcadas ao longo do município (figura 61), o que configura 1,86% da área total do município.

Figura 61: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste no município de Muçum.



LEGENDA:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ■ Suscetibilidade à inundação | — Rodovias estaduais e federais |
| ■ Zonas preliminares de arraste | -- Ferrovia |
| ○ Núcleos urbanos isolados | ■ Hidrografia |

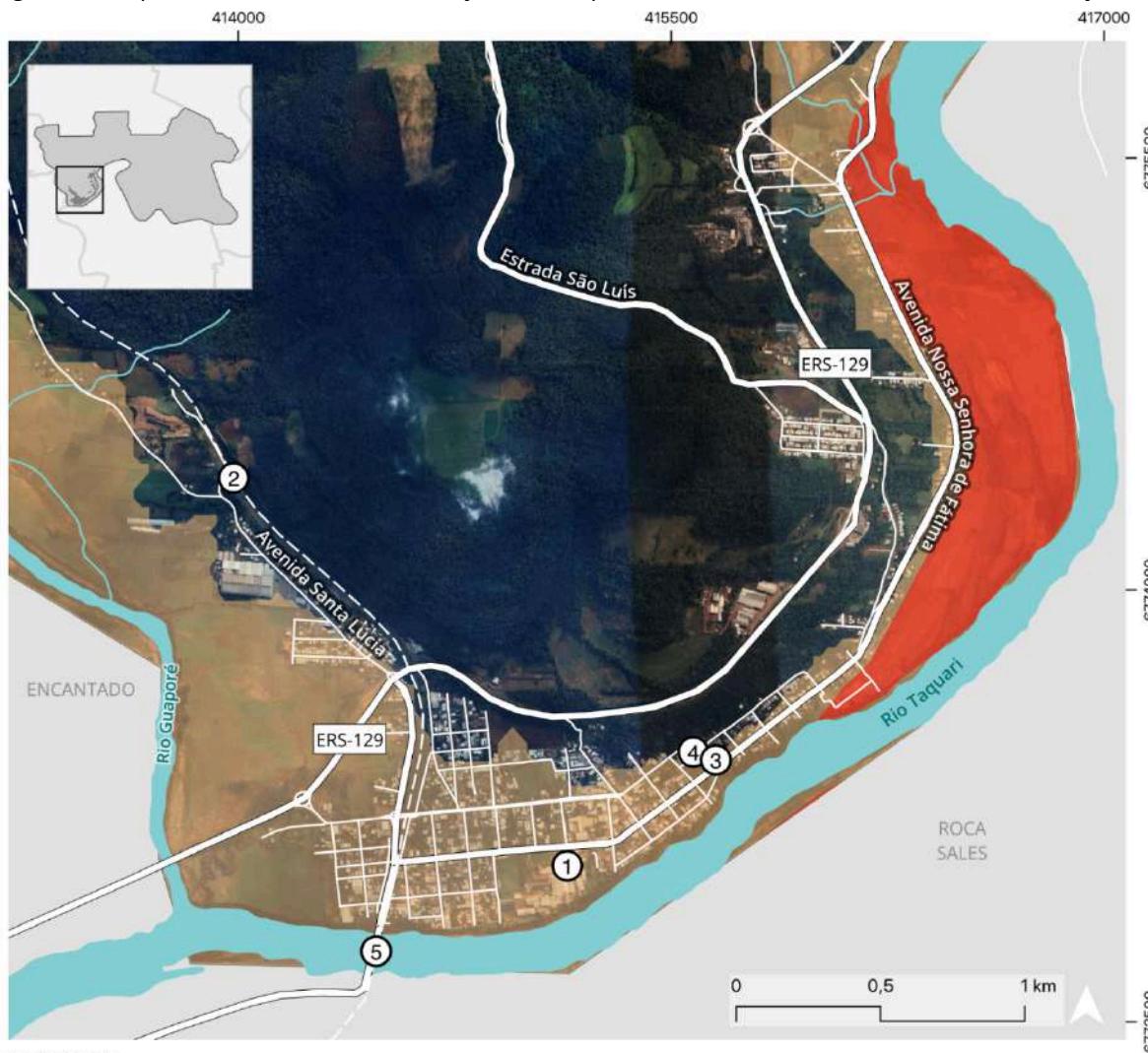
Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

No mapa da Figura 62, que pode ser visualizado em maior dimensão e detalhe no Anexo 2, está apresentada uma aproximação com a sede urbana de Muçum, onde é possível observar a sobreposição da mancha de inundação com a área urbanizada do Município, bem como a demarcação das zonas preliminares de arraste identificadas.

As áreas localizadas junto à sede urbana de Muçum são as áreas inundadas onde se apresenta maior densidade urbana, ou seja, onde estão o maior número de estabelecimentos atingidos. Ainda, ao longo da Av. Nossa Senhora de Fátima, na área de planície do Rio Taquari, está demarcada a principal zona preliminar de arraste do município e ao longo dela estão alocadas, além de residências, algumas indústrias, comércios e serviços.

107

Figura 62: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na sede urbana de Muçum.



LEGENDA:

- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
|  Zonas preliminares de arraste |  Suscetibilidade à inundação |  Hidrografia |  Rodovias |  Vias |  Ferrovia |
| | | | Pontos de referência | | |
| | | |  Curtume CBR |  Estação Ferroviária |  Estação Rodoviária |
| | | |  Igreja N.S. da Purificação |  Ponte Rodoferroviária | |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

Junto à sede urbana de Muçum e dentro da mancha de inundação encontra-se uma empresa de grande impacto ambiental, de curtimento de couro. Ainda, ficam localizados dentro da mancha de inundação grande parte dos estabelecimentos de comércio e serviço

da cidade. Ao longo da Av. Fernando Ferrari, que concentra a zona predominantemente comercial e de serviços, também observam-se algumas edificações de caráter histórico e, seguindo a via na direção nordeste, esta passa a se denominar Rua Barão do Rio Branco, fazendo a ligação ao cemitério municipal e ao bairro Fátima. Ainda, permeando a área central da cidade tem-se o viaduto da linha férrea, o qual encontra-se em um nível mais elevado do que o nível da rua, não tornando-se um segregador em meio à cidade.

Quanto às zonas preliminares de arraste apresentadas na figura 61, identifica-se duas áreas com tamanhos mais significativos: a área demarcada ao longo da mancha urbanizada do município, localizada no bairro Fátima, e aquela localizada na Linha São Romédio onde não houveram edificações atingidas. As demais áreas atingidas não são tão expressivas quanto as acima citadas.

Complementarmente, apresentam-se registros fotográficos (figuras 63 e 64) do município de Muçum durante e após a ocorrência do evento climático de maio de 2024.

Figura 63: Registro durante o evento de Maio de 2024 em Muçum.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

Figura 64: Registro após evento de Maio de 2024 em Muçum.



Fonte: Acervo André Conceição, fornecido pela Prefeitura Municipal de Muçum, 2024.

No mapa da Figura 65 está apresentada uma aproximação na Linha Santo Isidoro, onde é possível observar que existe uma área mais baixa que é suscetível a inundações e foi afetada em maio de 2024. Essa inundação é oriunda do Arroio da Brava, nas margens do qual a Linha Santo Isidoro está localizada.

Figura 65: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha Santo Isidoro.



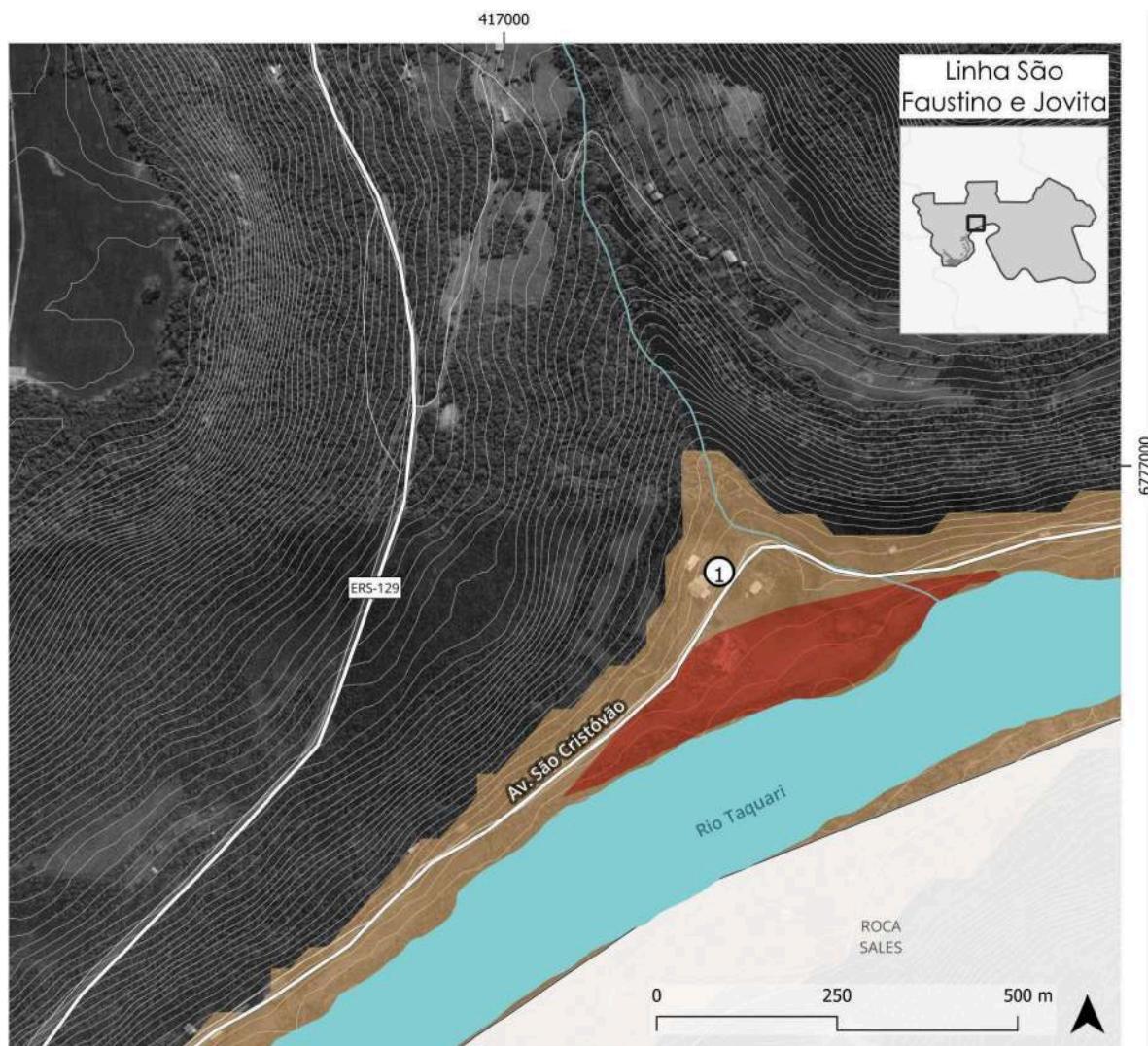
LEGENDA:

- | | |
|---|---|
|  Suscetibilidade à inundação |  Rodovias federais e estaduais |
|  Hidrografia |  Vias municipais |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

No mapa da Figura 66 está apresentada uma aproximação na Linha São Faustino e Jovita, onde é possível observar a área suscetível às inundações e também a zona preliminar de arraste, em vermelho.

Figura 66: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha São Faustino e Jovita.



LEGENDA:

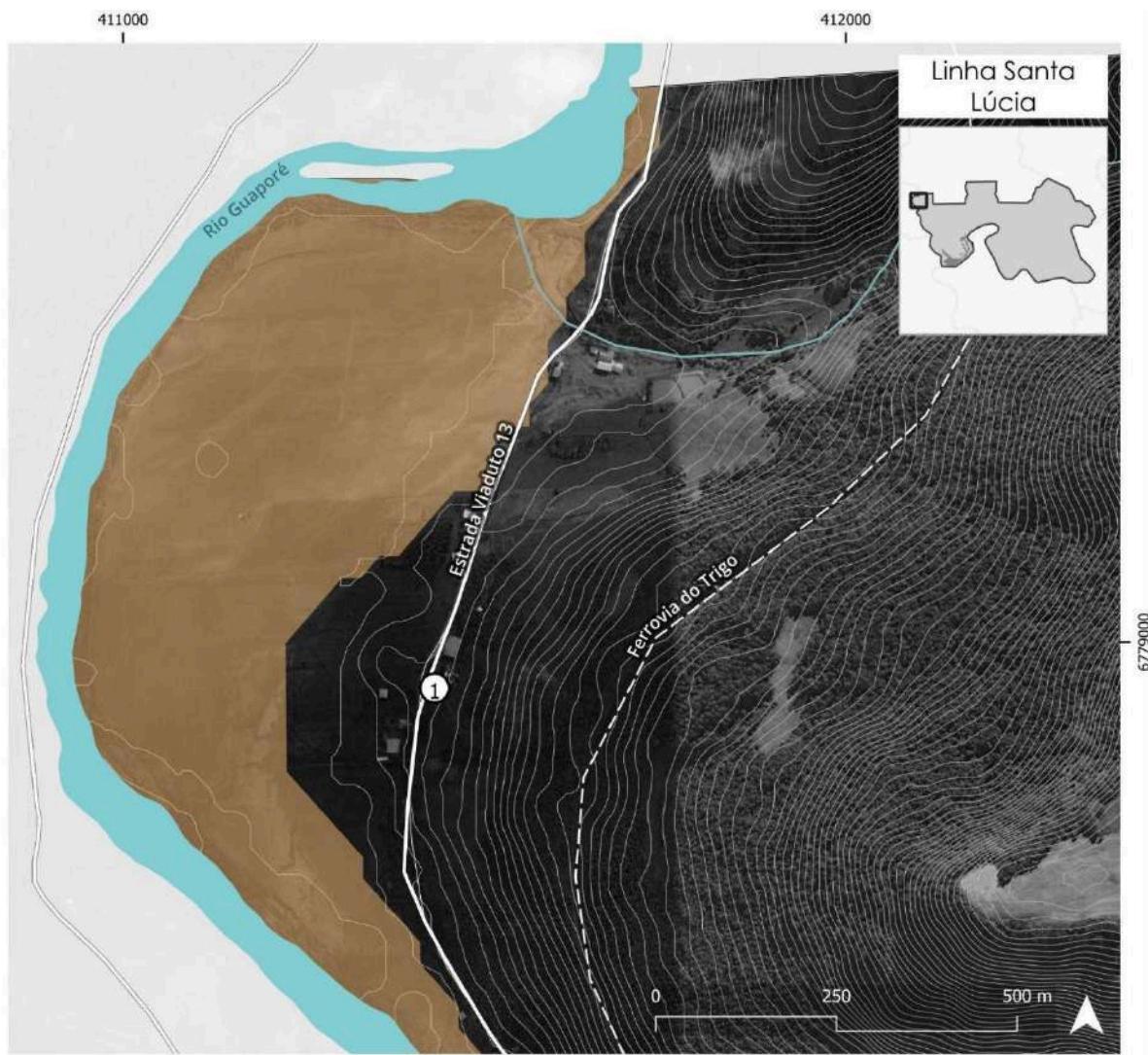
- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ■ Zonas preliminares de arraste | ■ Hidrografia |
| ■ Suscetibilidade à inundação | — Rodovias federais e estaduais |
| Pontos de referência: | — Vias municipais |

① Cemitério São Cristóvão

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

No mapa da Figura 67 está apresentada uma aproximação na Linha Santa Lúcia, onde é possível observar a mancha de suscetibilidade à inundação na área.

Figura 67: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na Linha Santa Lúcia.



LEGENDA:

 Suscetibilidade à inundação

 Hidrografia

Pontos de referência:

 Rodovias federais e estaduais

① Capela Santa Lúcia

 Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

3.2.2. Áreas suscetíveis a movimentos de massa

Segundo Meng (2021), deslizamentos são movimentos de massas de rochas, terra ou detritos em geral que ocorrem em encostas quando a força da gravidade ou uma tensão gerada sobre esses materiais excedem a resistência da estrutura do material, fazendo com que ele se desloque. As causas desse rompimento estrutural são muito variadas, incluindo a

erosão natural, escavação, sobrecarga de peso, percolação de água, esvaziamento ou soerguimento de lençol freático, acúmulo de material ou mesmo outras perturbações (Porto Alegre, 2024).

Ocorre em áreas de relevo acidentado, das quais foram retiradas a cobertura vegetal original que é responsável pela consistência do solo e que impede, através das raízes, o escoamento das águas. O deslizamento de terra se difere dos processos erosivos pela quantidade de massa transportada a uma grande velocidade. Esses fenômenos naturais e/ou antrópicos, causam problemas imediatos para a população, independentemente de sua condição social, e também para o meio ambiente (FUNDEPAR, 2024).

Já a erosão, segundo Galdino (2003), é um processo natural e ocorre mesmo em ecossistemas em equilíbrio e a intervenção humana eleva a taxa de incidência desse processo, gerando a “erosão acelerada”. Esta constitui um fenômeno de grande importância em razão da rapidez de seu desencadeamento e por acarretar grandes prejuízos não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao meio ambiente.

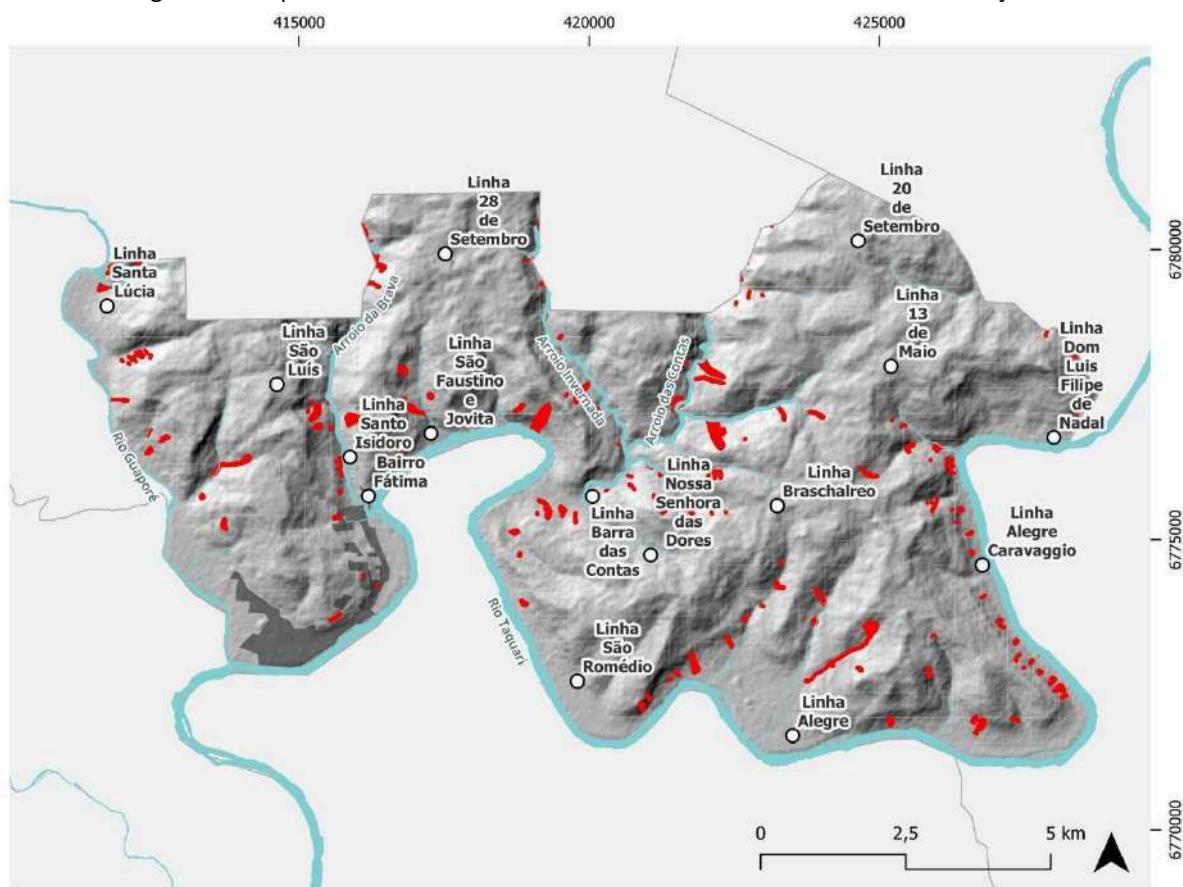
3.2.2.1. Metodologia para identificação das áreas com suscetibilidade a movimentos de massa

Para a elaboração dos mapas de suscetibilidade a movimentos de massa (deslizamentos, escorregamentos, tombamento de rocha, queda de blocos, corrida de materiais, espriamento) primeiramente foram identificados os locais onde ocorreram e as características físicas de cada movimento, a partir de cicatrizes de movimentos de massa. A principal fonte de informações consultada é a base de dados existente, desenvolvida por equipe da UFRGS, intitulada “Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024” (ANDRADES FILHO & MEXIAS, 2024).

No mapa da figura 68 é possível observar as cicatrizes de movimentos de massa no território de Muçum, que são observadas ao longo de todo o território, nas encostas de morros. À leste, concentram-se próximas à Linha Alegre Caravaggio, enquanto que a sudeste é possível observar uma cicatriz mais expressiva, próxima à Linha Alegre. No entorno das

Linha Nossa Senhora das Dores e Linha Barra das Contas, na porção central do território também há uma concentração expressiva de movimentos de massa. Ainda, próximo à localidade Linha São Faustino e Jovina, e entre a Linha Santo Isidoro e Linha São Luís também encontram-se cicatrizes, às margens do Arroio da Brava. Na porção oeste, na Linha Santa Lúcia, também há registros de movimentos de massa.

Figura 68: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 em Muçum.



LEGENDA:

- Cicatrizes de deslizamentos
- Núcleos urbanos isolados
- Áreas urbanizadas de Muçum
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base no mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa realizado pelo Lab. Latitude da UFRGS (ANDRADES FILHO; MEXIAS, 2024).

Complementarmente, apresentam-se registros fotográficos (figuras 69 e 70) de movimentos de massa no município de Muçum após a ocorrência do evento climático de maio de 2024.

Figura 69: Registro do movimento de massa em Muçum, em maio de 2024.



Fonte: Pedro Ladeira/FolhaPress, 2024¹⁷.

O evento de maio, diferentemente de setembro, ocasionou movimentos de massa, os quais afetaram não somente residências e localidades em Muçum, como também conexões viárias importantes para o Vale do Taquari. A ERS-129, no quilômetro 88 teve um trecho de 100 metros interditado após movimento de massa, comprometendo a conexão de Muçum com Vespasiano Corrêa e demais municípios ao norte do estado. Atualmente, o trecho encontra-se em reconstrução e os trajetos Muçum-Vespasiano Corrêa podem ser realizados pelo desvio emergencial, ao lado da ERS-129, ou pela Estrada São Luís (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2024). Na figura a seguir, é possível observar os danos ocasionados na rodovia estadual após o movimento de massa, tendo resultado no desmoronamento da pista.

¹⁷ Disponível em: <<https://fotografia.folha.uol.com.br/galerias/1799342436250876-s>>. Acesso em: 24 set 2024.

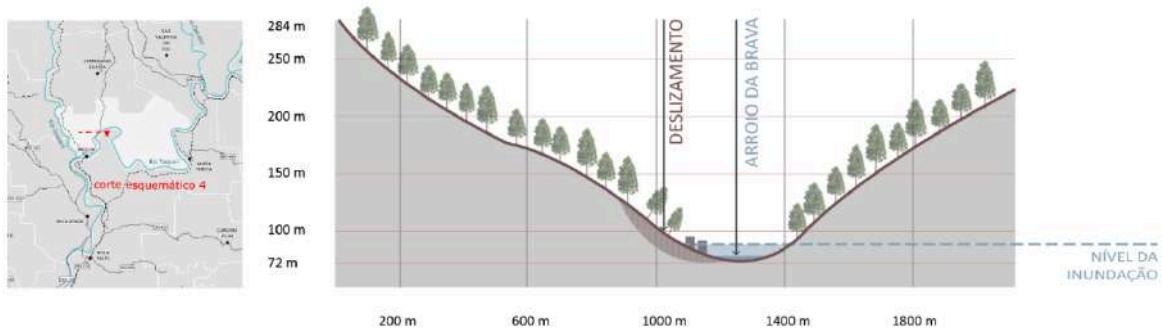
Figura 70: Registro de trecho da ERS-129 que desmoronou em Muçum, em maio de 2024.



Fonte: Raphael Nunes/EGR, 2024¹⁸.

O corte esquemático apresentado na Figura 71 ilustra o nível natural do Arroio da Brava e o nível que a água atingiu na inundação de maio de 2024, além dos movimentos de massa provocados pelas chuvas em Muçum, na localidade Linha Santo Isidoro. Conforme exposto anteriormente, esse corte foi elaborado a partir de perfis de elevação obtidos da topografia disponível na base do Google Earth, associado à mancha de suscetibilidade à inundação e às cicatrizes identificadas em Muçum.

Figura 71: Corte esquemático de situação de inundação e movimentos de massa na Linha Santo Isidoro, em maio de 2024.

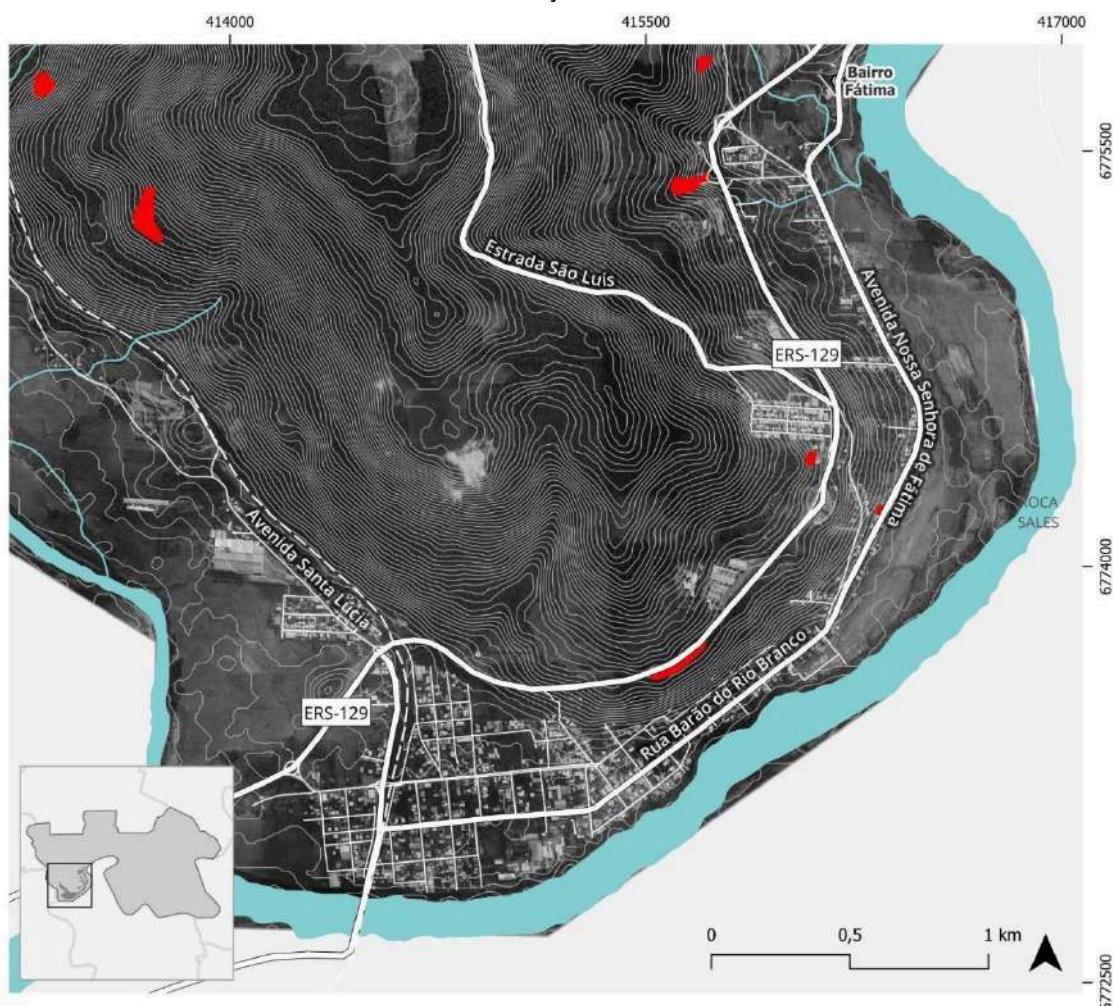


Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

¹⁸ Disponível em:
<https://serranossa.com.br/reconstrucao-de-trecho-da-ers-129-em-mucum-deve-ser-realizada-em-dois-meses/>. Acesso em: 24 set 2024.

Já no mapa da figura 72, está apresentada uma aproximação com a sede urbana do Município, onde é possível observar algumas cicatrizes de movimentos de massa a noroeste, na área rural, e outros próximos ao bairro Fátima, a nordeste. Paralelo à ERS-129 próximo à área central de Muçum, ocorreu uma cicatriz linear. Por fim, no entorno do Loteamento Jardim Cidade Alta, localizado na intersecção da Estrada São Luís com a ERS-129, registrou-se uma cicatriz.

Figura 72: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 no entorno da sede urbana de Muçum.



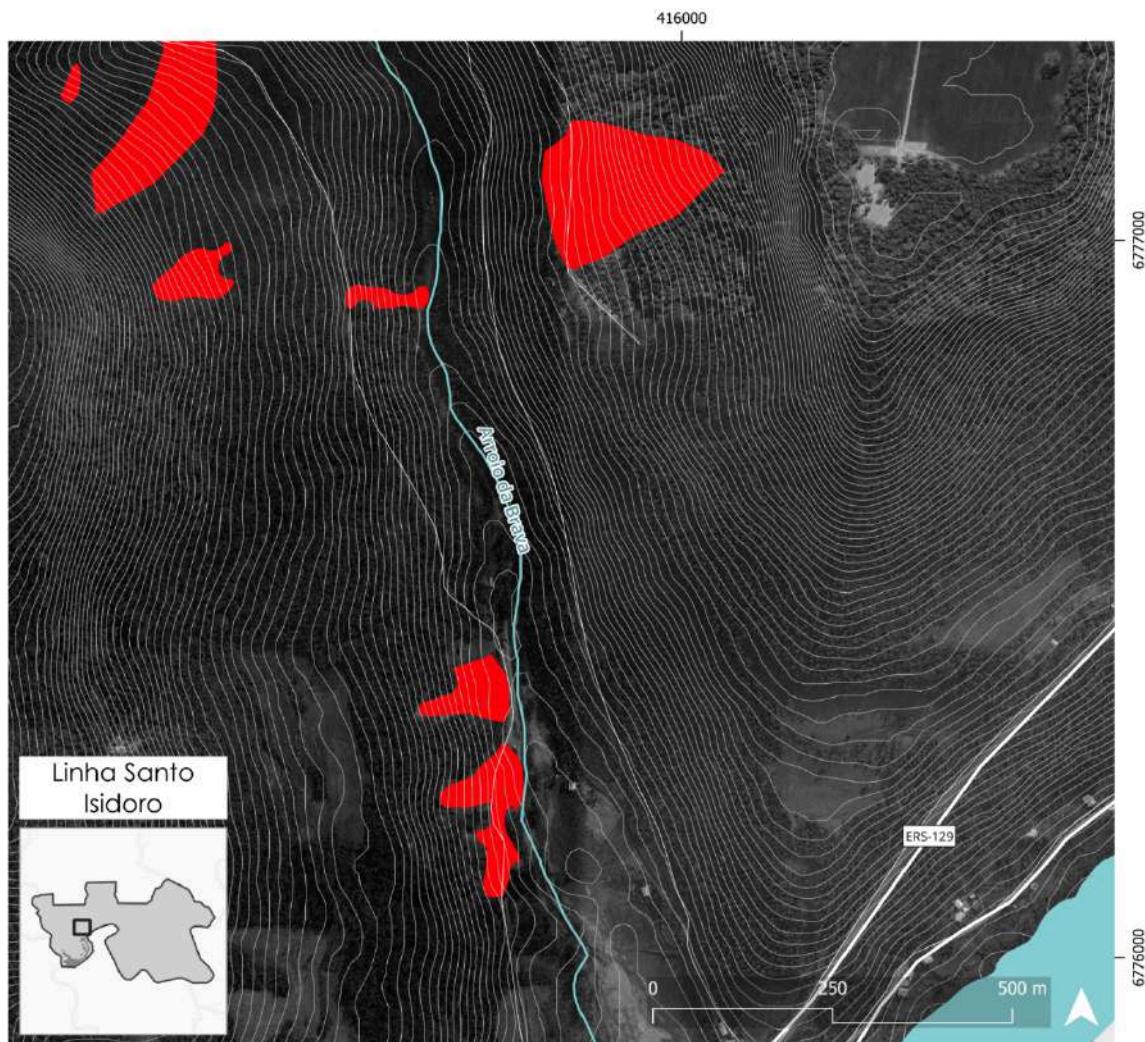
LEGENDA:

- Cicatrizes de deslizamentos
- Hidrografia
- Rodovias
- Vias

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base no mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa realizado pelo Lab. Latitude da UFRGS (ANDRADES FILHO; MEXIAS, 2024).

Por fim, é possível observar as aproximações com os núcleos urbanos isolados do município. Na figura 73, referente à Linha Santo Isidoro, verificam-se algumas cicatrizes de movimentos de massa bem expressivas na parte com topografia mais elevada, ao lado do Arroio da Brava.

Figura 73: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha Santo Isidoro e entorno.



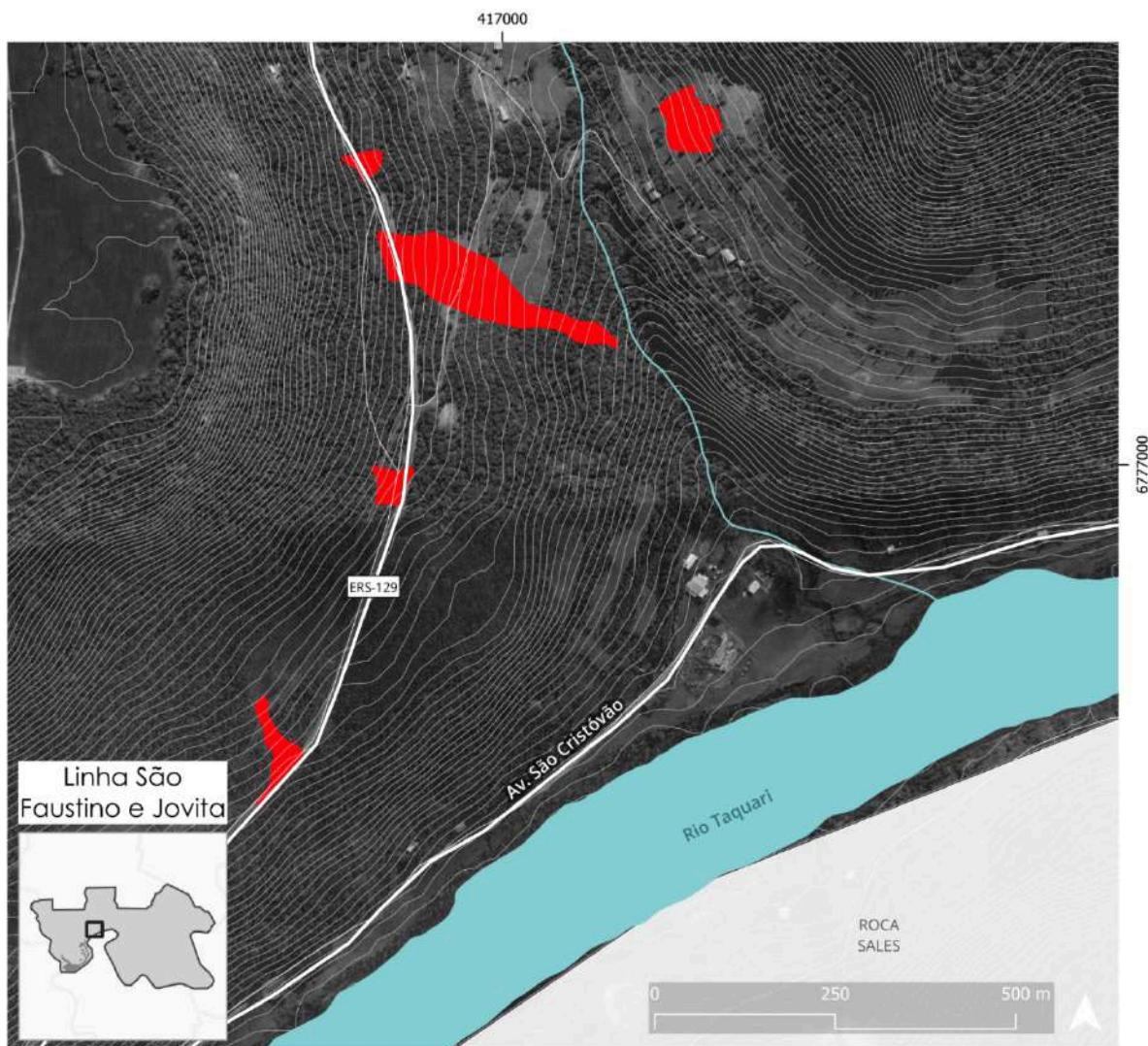
LEGENDA:

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais
- Ferrovia
- Cicatrizes de deslizamentos
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base no mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa realizado pelo Lab. Latitude da UFRGS (ANDRADES FILHO; MEXIAS, 2024).

Na figura 74, referente à Linha São Faustino e Jovita, verifica-se em seu entorno alguns pontos demarcados com cicatrizes de movimento de massa bem próximas a ERS 129, inclusive atingindo a pista. Percebe-se também a relação com a alta declividade, além de proximidade com um curso hídrico, assim como observado na Linha Santo Isidoro.

Figura 74: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha São Faustino e Jovita e entorno.



LEGENDA:

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais
- Ferrovia
- Cicatrizes de deslizamentos

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base no mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa realizado pelo Lab. Latitude da UFRGS (ANDRADES FILHO; MEXIAS, 2024).

Na figura 75, na localidade de Linha Santa Lúcia, verifica-se uma cicatriz extensa, que ocorreu no sentido nordeste a oeste, paralelo ao curso hídrico. Observa-se também que essa cicatriz cruzou o trilho da Ferrovia do Trigo e chegou à Estrada Viaduto 13. Além disso, observa-se alguns pontos demarcados com cicatrizes de movimento de massa mais ao norte, próximo ao Rio Guaporé.

Figura 75: Mapa de movimentos de massa observados em maio de 2024 na Linha Santa Lúcia e entorno.



LEGENDA:

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais
- Ferrovia
- Cicatrizes de deslizamentos

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base no mapeamento de cicatrizes de movimentos de massa realizado pelo Lab. Latitude da UFRGS (ANDRADES FILHO; MEXIAS, 2024).

Por meio dessa base de dados, gerou-se uma base de pontos dos locais onde ocorreram as rupturas de cada movimento de massa para os sete municípios do Vale do Taquari que fazem parte do estudo, totalizando 887 registros. A etapa seguinte consiste na identificação das características físicas de cada movimento de massa, realizando uma intersecção entre a base de pontos de ruptura dos movimentos de massa e as bases com as características físicas dos municípios, com isso, adquirindo as informações necessárias para cada movimento de massa. As classes de suscetibilidade serão determinadas tomando como base a informação de declividade, que, segundo Santos (2015), Sampaio e Robaina (2019) e Araújo *et al.* (2022), configura o critério de maior relevância em relação aos movimentos de massa.

3.2.2.2. Áreas com Suscetibilidade a Movimentos de Massa

Como resultado do cruzamento entre os pontos de registro de movimento de massa e a base de declividade, foram discriminadas 21 classes, conforme apresentado na Tabela 6. Dessa intersecção entre as bases foi possível identificar a frequência dos movimentos de massa para cada classe e verificar o comportamento de acordo com os diferentes percentuais de declividade. Observa-se que em declividades menores e maiores as frequências de movimentos de massa são menores, sendo possível perceber um comportamento com maiores eventos entre 25% e 75%, com o seu pico de eventos nas classes de 35% a 60%. Para suavizar a frequência da base de declividade, que apresentou comportamento bimodal, foi adotado um filtro de média móvel.

Tabela 6: Frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.

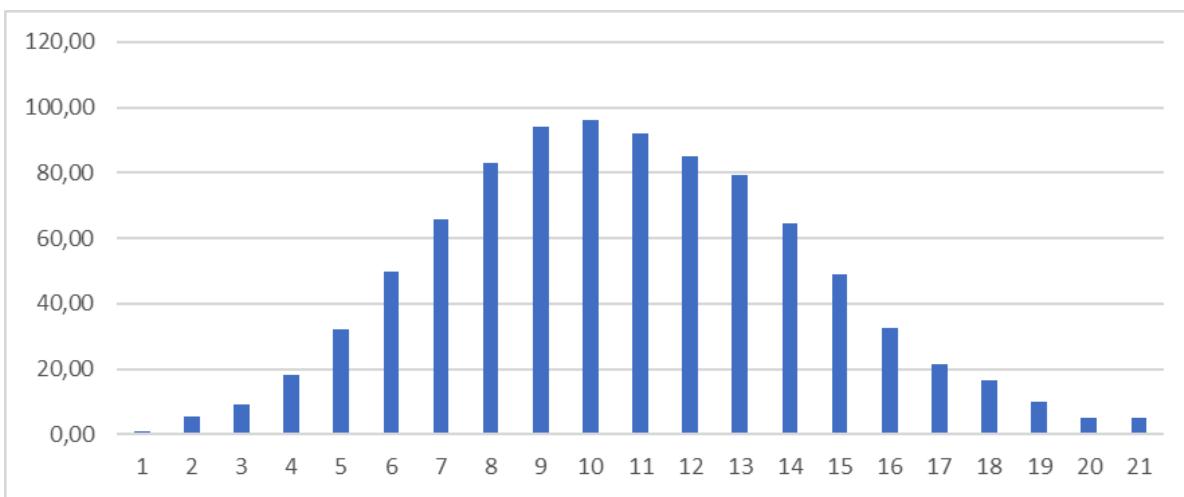
CLASSE (%)	Nº DE MOVIMENTOS	DECLIVIDADE	
		FILTRO	
0 a 5	1	1,00	1,00
5 a 10	2	5,33	5,33
10 a 15	13	9,00	9,00
15 a 20	12	18,33	18,33
20 a 25	30	32,00	32,00
25 a 30	54	50,00	50,00
30 a 35	66	66,00	66,00
35 a 40	78	83,00	83,00
40 a 45	105	94,00	94,00

45 a 50	99	96,33	96,33
50 a 55	85	92,00	92,00
55 a 60	85	85,00	85,00
60 a 65	74	79,50	79,50
65 a 70	55	64,50	64,50
70 a 75	43	49,00	49,00
75 a 80	22	32,50	32,50
80 a 85	21	21,50	21,50
85 a 90	12	16,50	16,50
90 a 95	8	10,00	10,00
95 a 100	8	8,00	5,00
> 100	14	11,00	5,00
TOTAL	887	924,50	915,50

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

A seguir se realizou a classificação das áreas Sem Suscetibilidade, Baixa Suscetibilidade, Média Suscetibilidade e Alta Suscetibilidade, em relação aos movimentos de massa. Para facilitar a análise, foi gerado um gráfico demonstrando a frequência de eventos por classe (Figura 76).

Figura 76: Gráfico que ilustra a frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6 e Figura 76, as classes de suscetibilidade foram definidas e seguem apresentadas na Tabela 7.

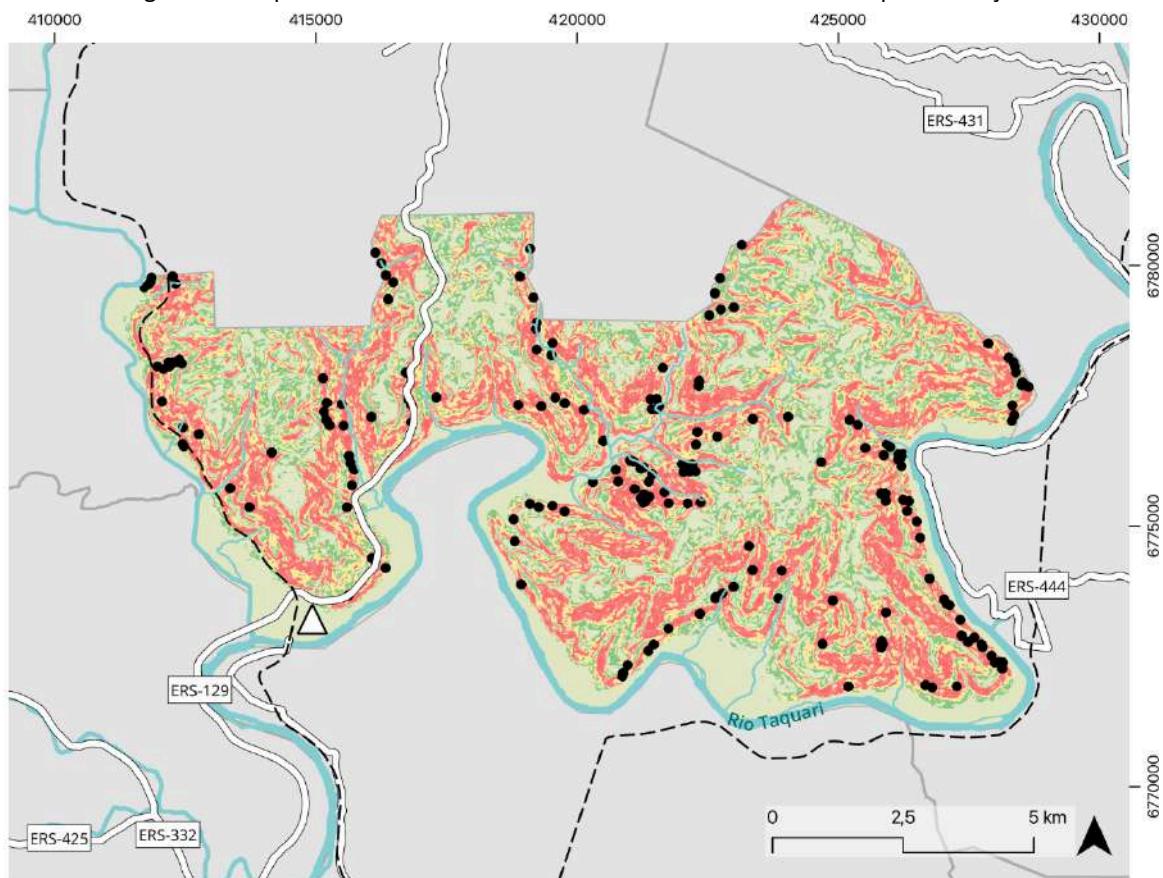
Tabela 7: Classes de suscetibilidade.

Classes de Suscetibilidade	Declividades
Sem Suscetibilidade	De 0 a 10%
Baixa Suscetibilidade	De 10 a 25% e >75%
Média Suscetibilidade	De 25 a 35% e de 60 a 75%
Alta Suscetibilidade	De 35 a 60%

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Somente em Muçum, foram identificadas 187 cicatrizes de movimentos de massa, porém, conforme relatado anteriormente, a análise da suscetibilidade aos movimentos de massa, levou em consideração os 887 movimentos de massa que ocorreram também em outros municípios do Vale do Taquari, com isso melhorando a qualidade do estudo. Com as classes de suscetibilidade definidas, foi possível elaborar o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, o qual segue apresentado a seguir (figura 77). O mapa também pode ser visualizado em maior tamanho e resolução no Anexo 3.

Figura 77: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Muçum.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

Alta Suscetibilidade

Média Suscetibilidade

Baixa Suscetibilidade

Sem Suscetibilidade

- Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024)

Sede municipal

Rodovias estaduais e federais

Ferrovia

Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

A partir do mapa apresentado, verifica-se que Muçum possui algumas áreas significativas no território que se configuram como de alta suscetibilidade a movimentos de massa. Essas áreas são aquelas com declividades entre 35 a 60%, e encontram-se nas áreas de encostas de morros. As áreas de média suscetibilidade (declividade entre 25 a 35% e de 60 a 75%) e baixa suscetibilidade (declividade entre 10 a 25% e >75%) a movimentos de massa. Já as áreas sem suscetibilidade são aquelas com declividade entre 0 e 10% e estão localizadas principalmente às margens do Rio Taquari, no limite sul do território municipal de

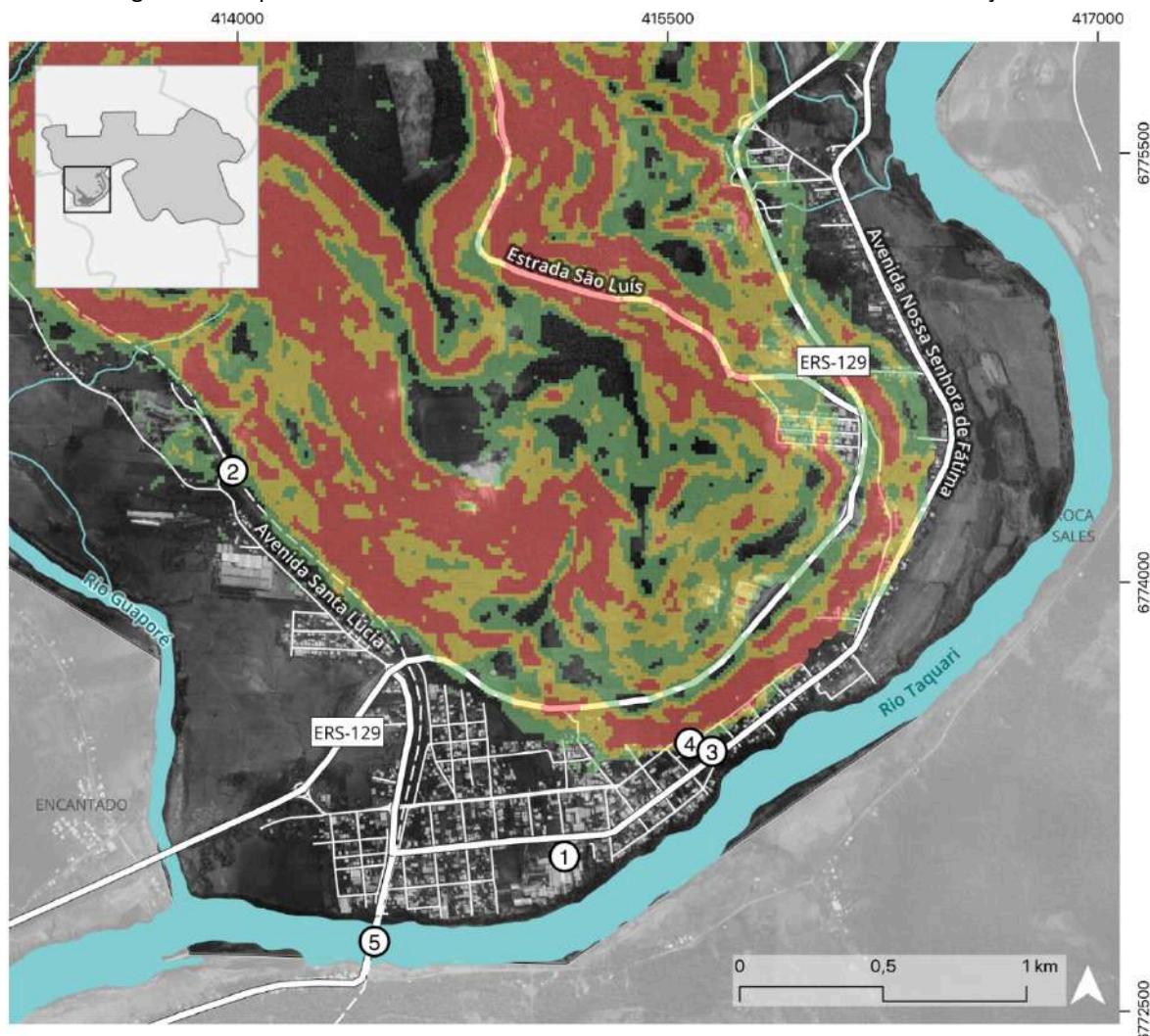
Muçum, além dos topos de morro. Cabe destacar que a suscetibilidade aos riscos de movimentos de massa nas regiões de análise é condicionada há vários fatores físicos e geotécnicos em análise, com destaque para os fatores de declividade combinado à ocorrência de chuvas raras e saturação de umidade nos solos da região.

Na figura 78, que pode ser visualizada em maior dimensão e resolução no Anexo 4, é possível observar o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na região da sede urbana de Muçum e em seu entorno imediato. É possível observar manchas de alta suscetibilidade de movimentos de massa na porção central do morro adjacente à Avenida Santa Lúcia. Ainda, a Estrada São Luís, que conecta a área urbana a importantes localidades e, no cenário atual de interdição da ERS-129, também à Vespasiano Corrêa, encontra-se inserida em uma área de alta suscetibilidade a movimentos de massa.

Próximo à Igreja Nossa Senhora da Purificação e ao Mirante Nossa Senhora Salete, no sentido sudoeste-nordeste, paralelo à ERS-129, encontra-se uma área de alta suscetibilidade. Próximo a esta, no entorno do Jardim Cidade Alta, também é possível observar áreas com alta suscetibilidade. Ainda, um trecho da ERS-129, na área urbana, encontra-se em um ponto de alta suscetibilidade.

O bairro Fátima encontra-se, predominantemente, em áreas de média e baixa suscetibilidade. Enquanto que a mancha urbanizada encontra-se quase que totalmente em áreas sem suscetibilidade a movimentos de massa.

Figura 78: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na sede urbana de Muçum.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

- Alta Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade

Pontos de referência

- ① Capela N. S. de Fátima
- ② Estação Ferroviária
- ③ E.E.E.M. Gen. Souza Doca
- ④ Igreja N.S. da Purificação
- ⑤ Ponte Rodoviária

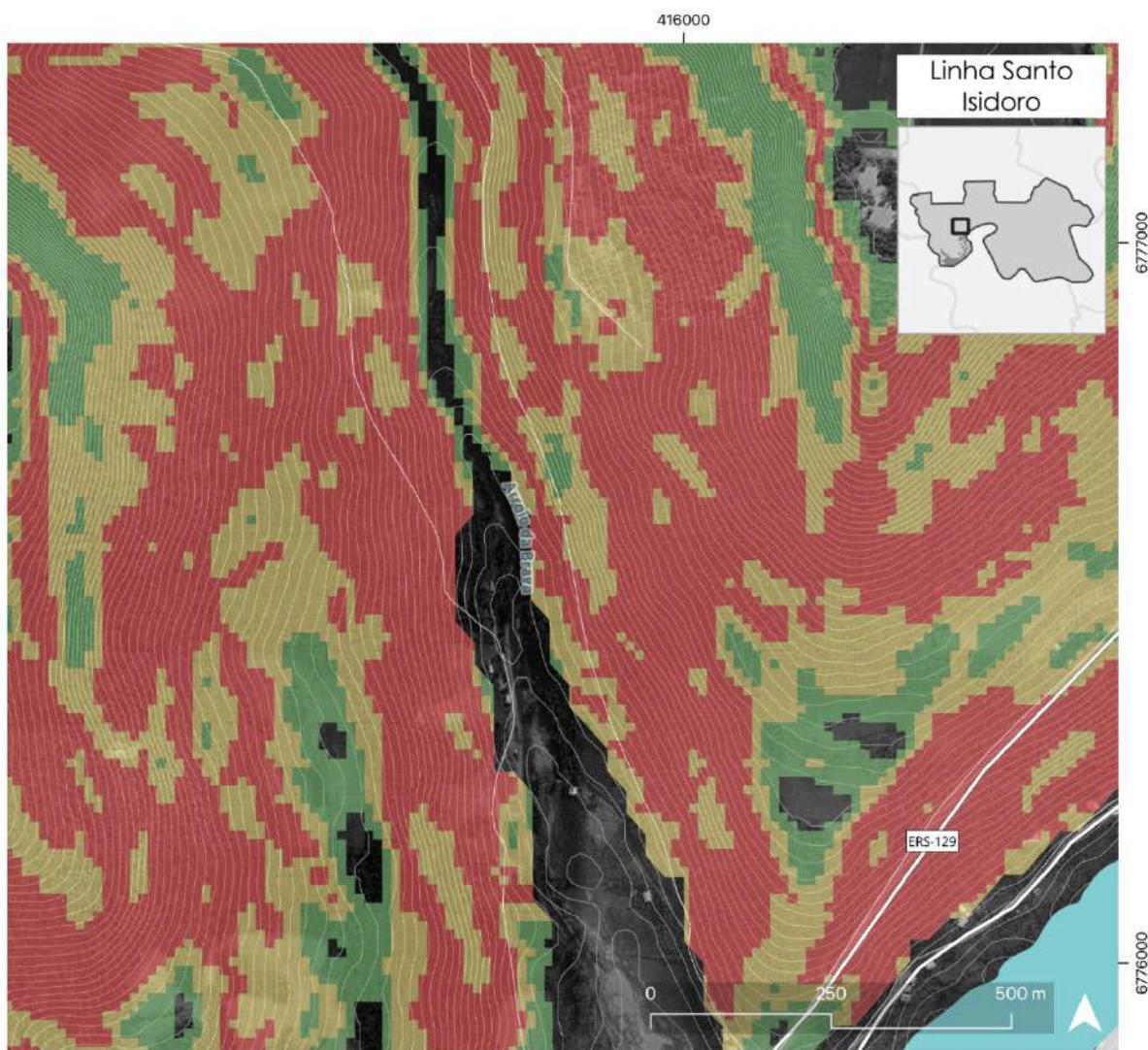
- Rodovias
- Ferrovia
- Vias
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Já a figura 79, que pode ser visualizada em maior dimensão e resolução no Anexo 5, apresenta o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha Santo Isidoro e seu entorno imediato. Verifica-se que a Linha Santo Isidoro encontra-se em uma área sem

suscetibilidade a movimentos de massa, entretanto, nos morros que a cercam, observa-se áreas com alta suscetibilidade. É importante destacar, também, que houveram movimentos de massa no evento de maio de 2024 que encontra-se sem demarcação na figura 79, os quais atingiram edificações localizadas nessa comunidade.

Figura 79: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha Santo Isidoro e entorno.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

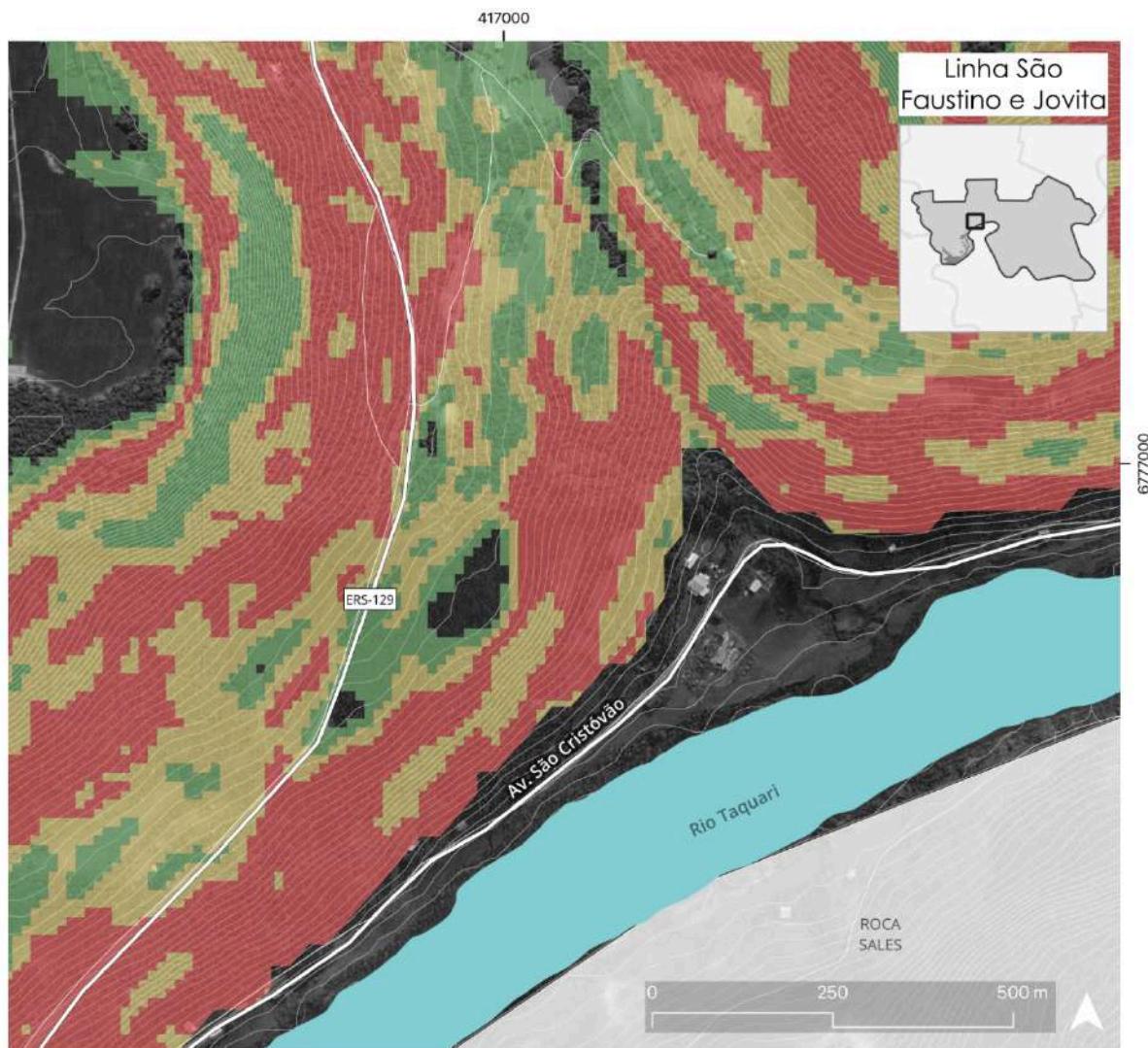
- Alta Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade

Hidrografia

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Figura 80: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha São Faustino e Jovita e entorno.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

■ Alta Suscetibilidade

■ Baixa Suscetibilidade

■ Média Suscetibilidade

■ Hidrografia

■ Rodovias federais e estaduais

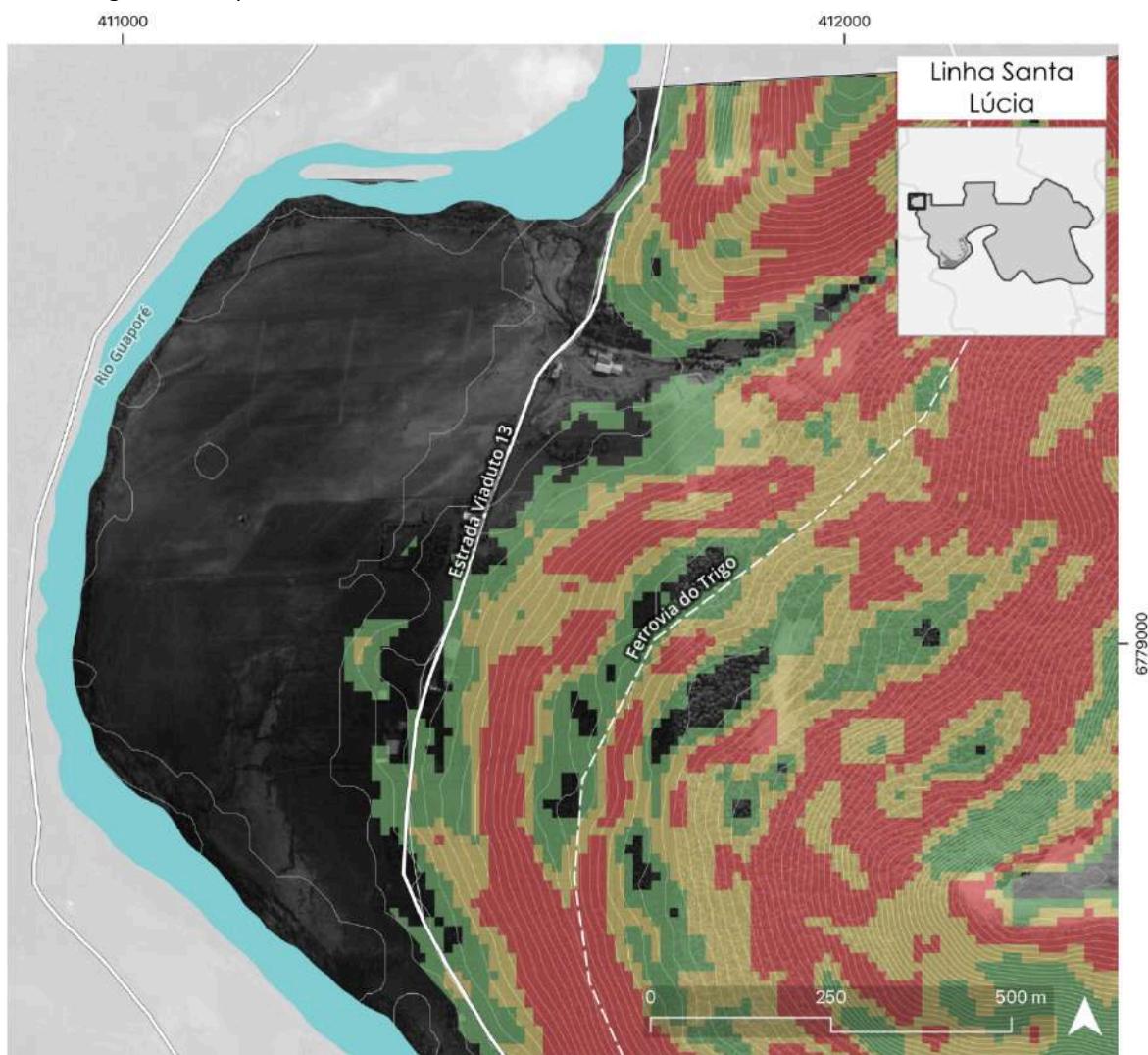
■ Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Em Linha São Faustino e Jovita, núcleo urbano isolado apresentado na Figura 80, que pode ser visualizada em maior dimensão e resolução no Anexo 6, observa-se uma concentração acentuada de áreas de alta suscetibilidade paralelas à ERS-129 e à Av. São Cristóvão, nas encostas de morro. Algumas edificações e determinados trechos da via encontram-se em área de alta suscetibilidade a movimentos de massa. As áreas de média e

baixa suscetibilidade, ainda que em menor expressividade, também podem ser observadas no entorno. A maioria das edificações encontra-se em área sem suscetibilidade a movimentos de massa, destacando áreas muito próximas com alta suscetibilidade. No entanto, esta região também apresenta porções territoriais de média e baixa suscetibilidade, encontradas de forma pulverizada entre as áreas de alta suscetibilidade.

Figura 81: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na Linha Santa Lúcia e entorno.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

- Alta Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade

Hidrografia

- Rodovias federais e estaduais
- Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Já ao longo da Estrada Viaduto 13, na Linha Santa Lúcia (Figura 81), percebe-se uma área sem suscetibilidade, na qual registrou-se um movimento de massa em Maio de 2024 (Figura 75), onde existem algumas edificações. Nas margens do Rio Guaporé, percebe-se uma área de planície, a qual não apresenta suscetibilidade a movimentos de massa. Entretanto, conforme observado anteriormente, na Figura 67, esta área encontra-se em área suscetível a inundações. O mapa da Linha Santa Lúcia pode ser visualizado em maior dimensão e resolução no Anexo 7.

4. SÍNTES

Para esta primeira etapa de entrega, foi desenvolvido um diagnóstico regulatório e físico do município de Muçum, bem como a sua inserção em contexto de bacia-hidrográfica, onde foram analisadas as áreas suscetíveis a ocorrências de fenômenos naturais, com inundações, enxurradas e movimentos de massa para a determinação das zonas de risco.

O estudo identificou as áreas vulneráveis do município com o objetivo de fornecer a orientação geral das áreas de risco no município, fornecendo um diagnóstico fundamental para embasar as políticas públicas de curto prazo necessárias para uma reconstrução do município com segurança socioambiental.

Os estudos utilizaram dados secundários, fazendo uso da ampla base de dados existentes, incluindo mapeamentos municipais e das distintas instâncias governamentais, bem como pareceres e estudos técnicos oficiais, incorporando o mapeamento de áreas de inundaçāo, tipo de solo e áreas de movimentos de massa.

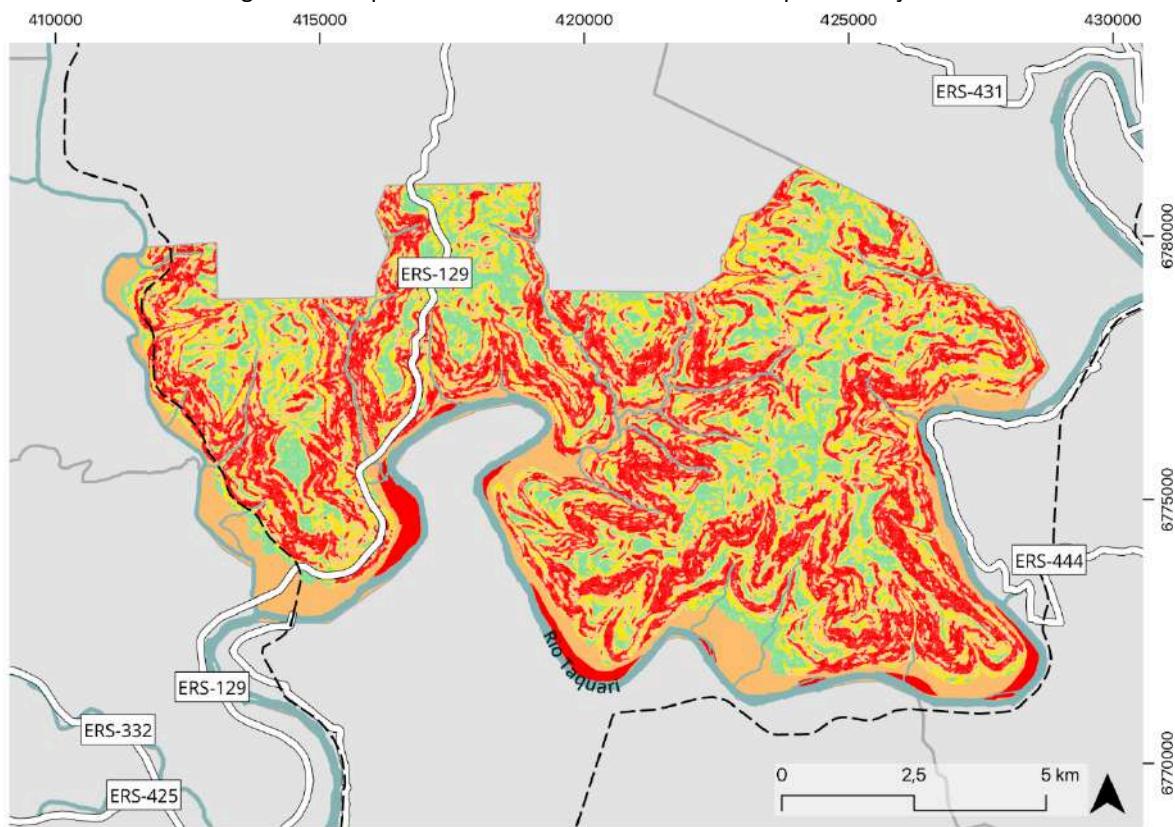
Com relação à suscetibilidade à ocorrência de inundações e enxurradas, a mesma apresenta regimes frequentes de inundações, decorrentes da dinâmica natural do Rio Taquari. Em 2024, no entanto, além das inundações e enxurradas frequentes, foram observados a ocorrência de deslizamentos e movimentos de massa no município. Sob essa perspectiva, foram diagnosticadas as ocorrências recentes de inundações e enxurradas, bem como de movimentos de massa da região, gerando mapas de suscetibilidade a partir das características conhecidas e entendendo que estas estão condicionadas a ocorrência a partir do registro de chuvas intensas na região.

Os mapas das Figuras 82 e 83, que podem ser visualizados em maior tamanho e resolução respectivamente nos Anexos 8 e 9, apresentam as áreas zoneadas como zonas de risco, incluindo as áreas suscetíveis às inundações, zonas preliminares de arraste e movimentos de massa para o município de Muçum. As resultantes deste estudo consistem em um primeiro passo importante para a compreensão geral do ambiente, suscetibilidades e condições iniciais de zoneamento de riscos, para a determinação de diretrizes de ocupação do território.

O mapa apresenta 4 categorias de zonas de risco, sendo: alto risco (marcada em cor vermelha), médio risco (marcada em cor laranja), baixo risco (marcada em cor amarela) e sem risco (marcada em cor verde).

A zona de alto risco considerou a zona preliminar de arraste somada à zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa. A zona de médio risco considerou a zona de suscetibilidade à inundações somada a zona de média suscetibilidade a movimentos de massa. A zona de baixo risco considerou a zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa, enquanto a zona sem risco é a zona que não apresenta suscetibilidade nem à inundações e nem a movimentos de massa.

Figura 82: Mapa do Zoneamento de Risco no município de Muçum.



LEGENDA:

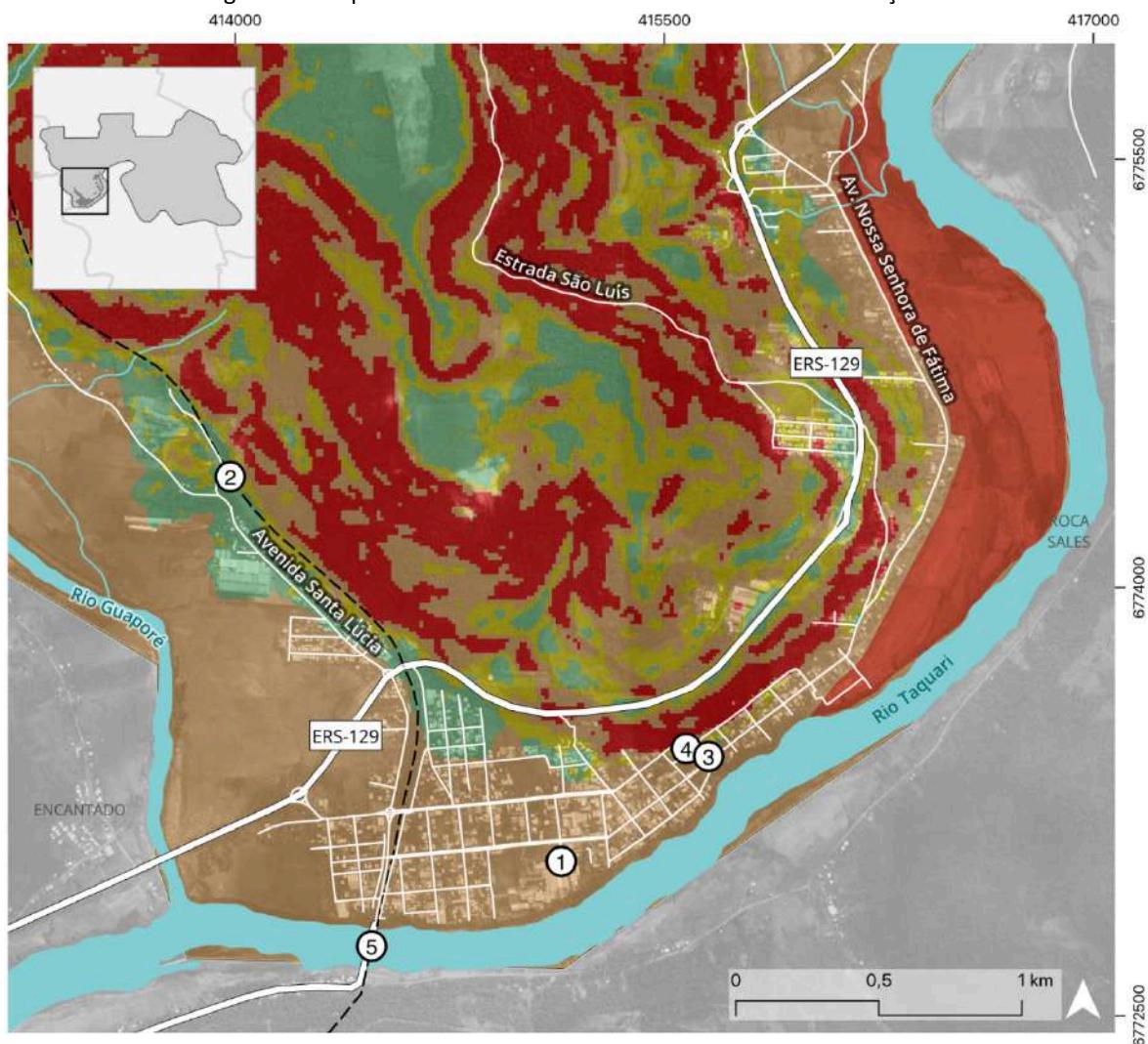
Classificação de zona de risco

- Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
- Médio Risco (zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)
- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)

- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)
- Núcleos urbanos isolados
- Rodovias estaduais e federais
- Ferrovia
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Figura 83: Mapa do Zoneamento de Risco na sede urbana de Muçum.



LEGENDA:

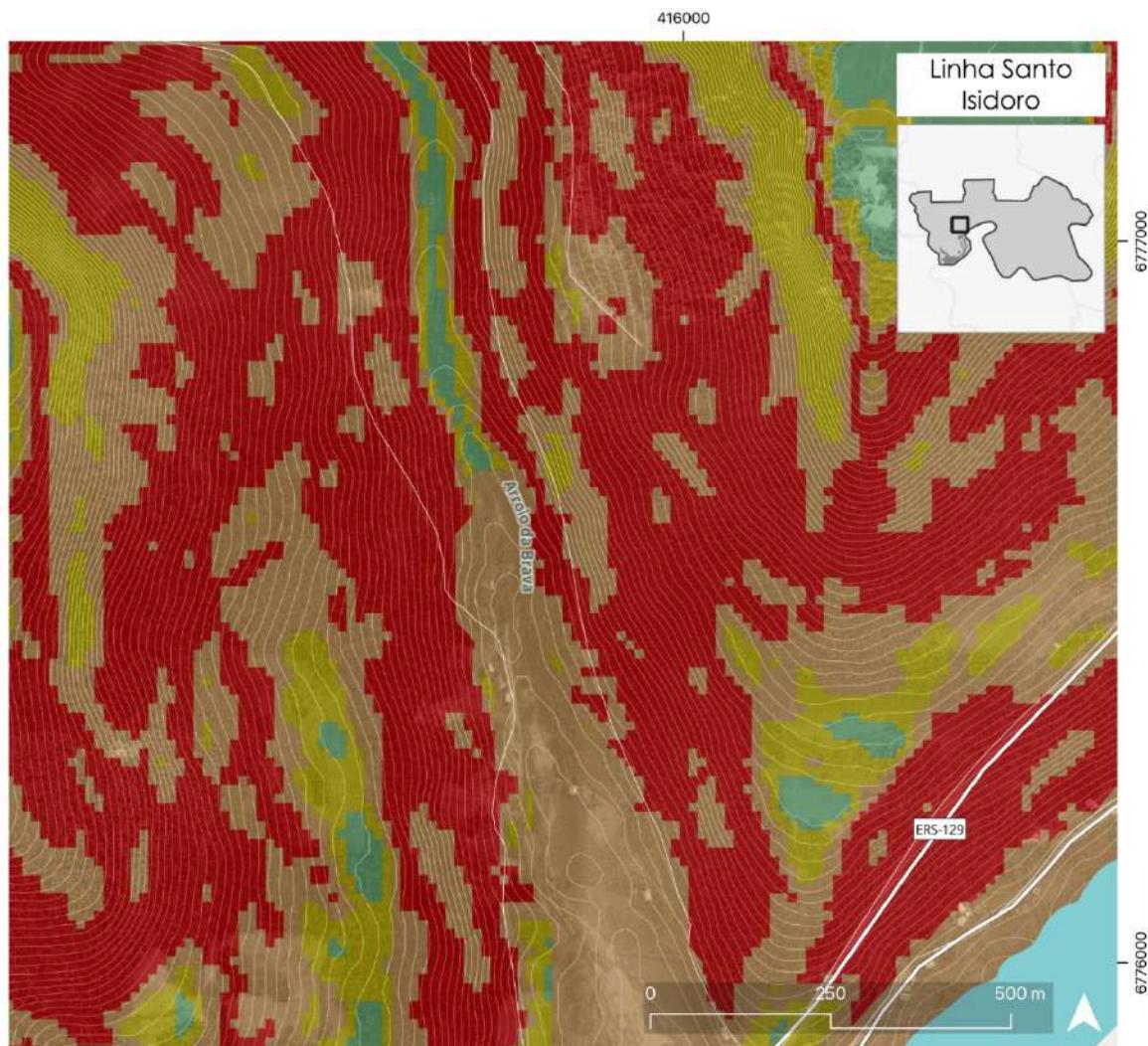
Classificação de zonas de risco	
	Alto Risco
	Médio Risco
	Baixo Risco
	Sem Risco

Pontos de referência	
	Curtume CBR
	Estação Ferroviária
	Estação Rodoviária
	Igreja N.S. da Purificação
	Ponte Rodoviária

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Os mapas das Figuras 84 a 86 apresentam as áreas zoneadas como zonas de risco, incluindo as áreas suscetíveis às inundações, zonas preliminares de arraste e movimentos de massa nos núcleos isolados de Muçum.

Figura 84: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha Santo Isidoro.

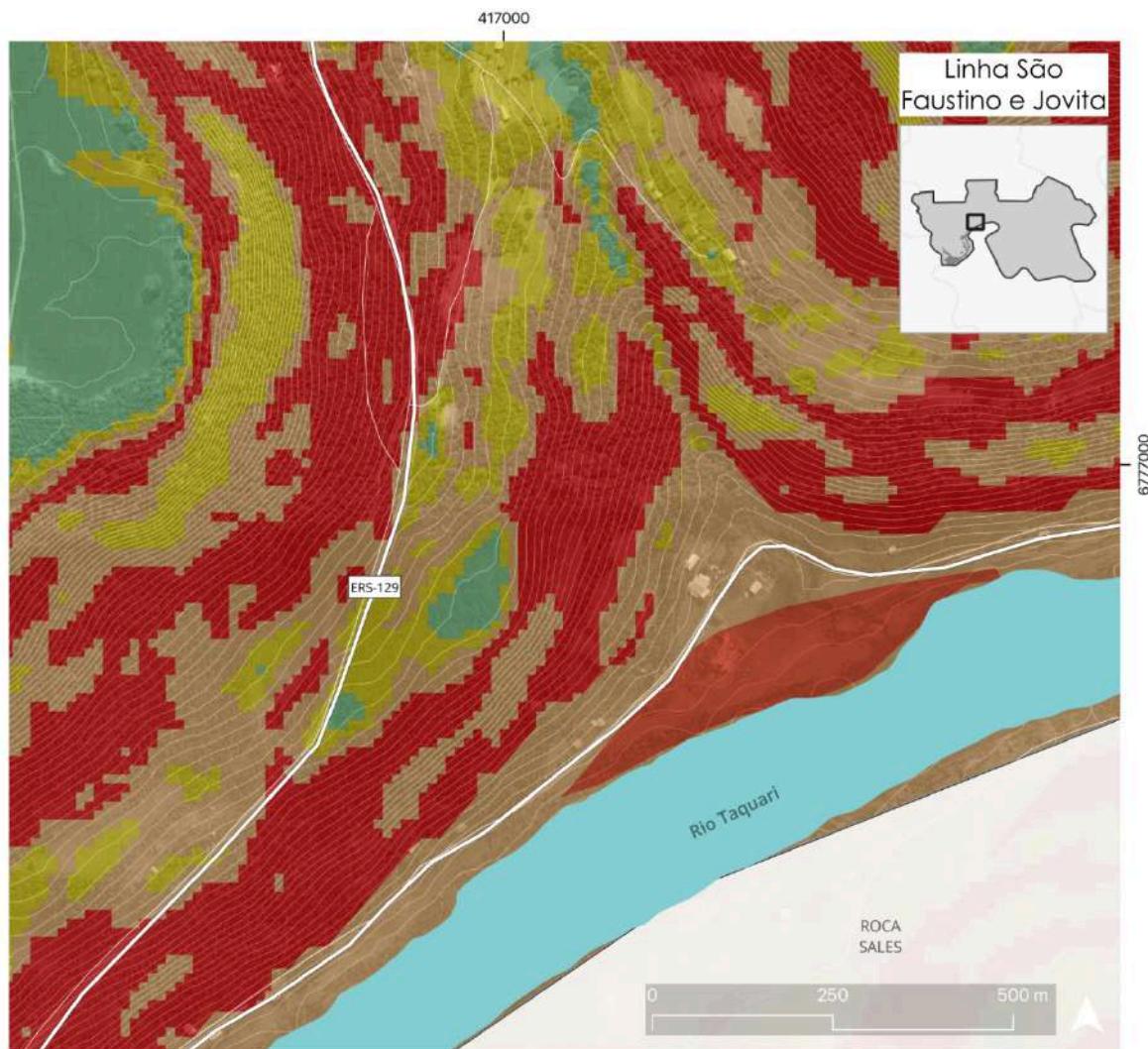


LEGENDA:

Classificação de zonas de risco		Hidrografia
■	Alto Risco	■
■	Médio Risco	—
■	Baixo Risco	—
■	Sem Risco	—
		Rodovias federais e estaduais
		Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Figura 85: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha São Faustino e Jovita.

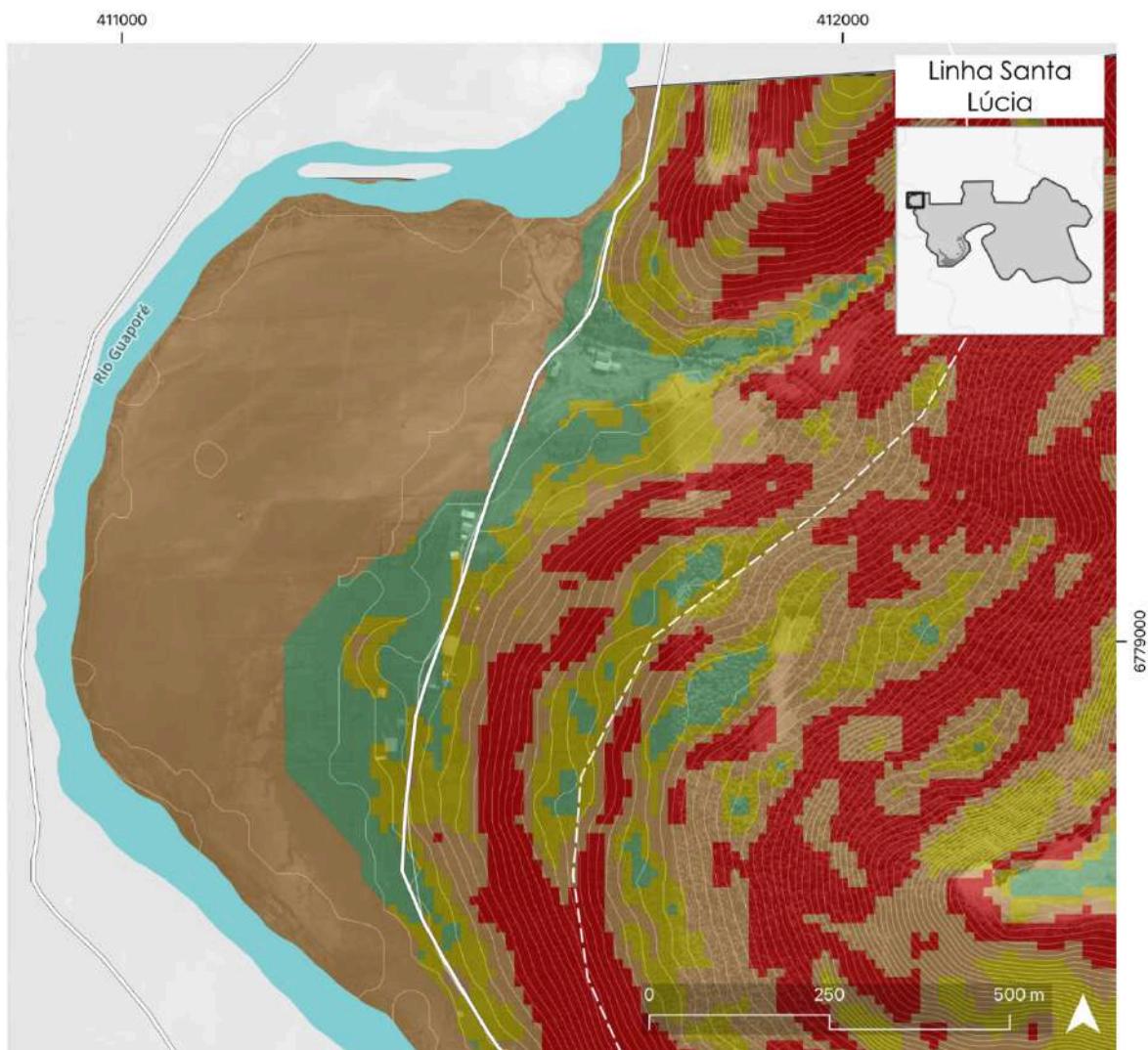


LEGENDA:

Classificação de zonas de risco		Hidrografia
■	Alto Risco	■ Hidrografia
■	Médio Risco	— Rodovias federais e estaduais
■	Baixo Risco	— Vias municipais
■	Sem Risco	

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Figura 86: Mapa do Zoneamento de Risco na Linha Santa Lúcia.



LEGENDA:

Classificação de zonas de risco

- Alto Risco
- Médio Risco
- Baixo Risco
- Sem Risco

■ Hidrografia

■ Rodovias federais e estaduais

■ Vias municipais

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Na tabela 8 é possível observar a área (em km²) ocupada por cada uma destas categorias no território municipal de Muçum, bem como a sua representação em porcentagem.

Tabela 8: Área e porcentagem das categorias de zona de risco em Muçum.

Muçum		
Área de risco	Área (km²)	%
Alto Risco	33,76	30,35
Médio Risco	38,50	34,61
Baixo Risco	21,15	19,01
Sem Risco	17,82	16,02
Total	111,17	100

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates, com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Ressalta-se que, no presente Produto 1A – Zoneamento de Risco, o Zoneamento de Risco é apresentado de modo preliminar, tendo em vista a utilização de dados secundários obtidos até o momento e a necessidade de atender aos objetivos em um curto espaço de tempo, conforme estabelecido no Termo de Referência. Assim, nas próximas etapas este produto terá avanços, de modo que o Mapeamento Final de Risco será entregue na Etapa 2 - Plano Diretor e Plano do Perímetro Urbano, junto ao Produto 2B-1 Diagnóstico Técnico e Leitura Técnica, atendendo assim ao item 5.2.2.1 do Termo de Referência.

A definição desta categorização de zonas identificadas como risco deve nortear um conjunto de medidas preventivas e mitigadoras que devem ter como objetivo reduzir os danos e proteger as comunidades contra futuros eventos de inundações, enxurradas e movimentos de massa. As zonas identificadas como alto risco são regiões que devem impor níveis de restrição à ocupação de áreas residenciais, sendo que novas aprovações de loteamentos ou conjuntos habitacionais devem ser evitadas. Assim, em caráter urgente e preliminar, até o desenvolvimento de produtos com soluções técnicas que viabilizem algumas possibilidades seguras de ocupação (como o Plano Diretor e o Código de Obras e Edificações), indica-se a suspensão de aprovação de novos parcelamentos do solo e de novas construções residenciais em zonas consideradas de alto e médio risco.

O próximo relatório, Diretrizes Preliminares de Ocupação Prioritária, irá discriminar tais medidas por zonas. No contexto do Município de Muçum, torna-se indispensável estabelecer um conjunto de diretrizes que possam auxiliar na orientação da ocupação do território de forma prioritária pois, conforme apresentado, o desenvolvimento da área

urbana da cidade se deu junto às margens do Rio Taquari, uma vez que existe um limitador de topografia no sentido norte, característica de ocupação que contribui para que esta área seja diretamente afetada pelas recorrentes cheias.

A ferramenta que será apresentada ao longo do próximo relatório (produto 1B), representa um dos pontos de partida para a reconstrução da cidade de maneira segura e resiliente. Ao identificar as áreas com maior aptidão à ocupação será possível sugerir diretrizes que venham a contribuir com o processo de recuperação e desenvolvimento da cidade de Muçum. A implementação destas diretrizes, aliada a outros instrumentos urbanísticos, pode contribuir para a redução da vulnerabilidade da cidade frente a futuros desastres naturais, promovendo a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Por fim, destaca-se que os mapas foram elaborados com base nos dados do IBGE, utilizados como referência primária. No entanto, caso sejam identificadas divergências em relação a outros dados ou estudos complementares, essas diferenças serão abordadas e ajustadas nas etapas subsequentes do trabalho, garantindo precisão e atualização no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, Cíntia; DUZZO, Carolini; ROESLER, Roque; GUERRA, Tiago; DANNENBERG, Weslly. **Plano estratégico de desenvolvimento do Vale do Taquari 2015-2030**. Cíntia Agostini (Coord.) - Lajeado: Ed. da Univates, 2017.

AGOSTINI, Cíntia; GREVE, Gustavo. **Plano estratégico regional do Vale do Taquari**. Lajeado, 2009. Disponível em: <https://www.univates.br/media/bdr/planejamento-estrategico.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

AGROSIG, FEENG. **Relatório técnico final topobatimétrico no trecho do Rio Taquari compreendido entre a cidade de Encantado-RS e a barragem de Bom Retiro do Sul-RS**: Levantamento, consolidação e processamento de dados para determinação das seções.: 1. Porto Alegre: [s. n.], 2016.

ALAGOAS. Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. **Mapa Hipsométrico (2º Edição)**. Disponível em: https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/5dd56dd7-d72b-4d9b-8eb3-99663dc1ea69?inner_span=True#:~:text=Hipsometria%20%C3%A9uma%20t%C3%A9cnica%20de,sistema%20de%20gradua%C3%A7%C3%A3o%20de%20cores. Acesso em: 01 ago. 2024.

ALASKA SATELLITE FACILITY. **Modelo Digital de Elevação**. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 25 jul. 2024.

ALMEIDA, F.F.M. **Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira**. Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador. Anais. Salvador: SBG, 1969. p. 29-46.

AMORIM, Raul Reis; OLIVEIRA, Regina Célia de. **As Unidades de Paisagem como uma Categoria de Análise Geográfica: O exemplo do Município de São Vicente - SP**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (2): 177-198, dez. 2008.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998.

ANDRADES FILHO, C.O. & MEXIAS, L.F.S. **Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024**. Nota Técnica Conjunta IGEO/CEPSRM - 04/2024, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 18 jul. 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/igeo/wp-content/uploads/2024/07/Nota-Tecnica-Conjunta-04-2024-.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

ARAÚJO, R.C.; MEDEIROS, P. R.; SILVA, R.J.S.; LUCENA, R.L. **Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos de Massa no Estado de Alagoas, Brasil**. Cadernos do LOGEPA, João Pessoa, v. 10, n. 1, (Jan-Jun) p. 2-21, 2022.

BRASIL. **Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10__.pdf. Acesso em: 06 de ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021**. Institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos. Brasília, 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 01, de 24 de agosto de 2012**. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1979.

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.952 de 25 de junho de 2009**. Dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União, no âmbito da Amazônia Legal; altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 14.750 de 12 de dezembro de 2023**. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados. Brasília, DF: 2023.

BRASIL. **Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR de 2023**. Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de

desastres naturais. Casa Civil Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos. Brasília, 2023.

BRASIL. Portaria Conjunta No - 148, de 18 de dezembro de 2013. Estabelece o Protocolo de Ação Integrada para os casos de Inundação Gradual entre a Agência Nacional de Águas - ANA, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, representado pela Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED/MCTI, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, representado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil - SEDEC/MI e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional, 2013.

BRASIL. Portaria Nº 998, de 5 de abril de 2022. Dispõe sobre as diretrizes e os procedimentos para transferência de recursos da União para reconstrução de unidades habitacionais destruídas por desastres, provenientes de situação de emergência ou de estado de calamidade pública reconhecidos pelo Ministério do Desenvolvimento Regional no âmbito da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022.

BOMBASSARO M.; ROBAINA L. E. de S. **Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS.** Geografias artigos científicos, Belo Horizonte, 06(2), p. 69-86, jul./dez. 2010.

CASTRO, J. W. A. **O que é Geologia.** Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente LAGECOST, Museu Nacional/UFRJ. Disponível em: https://dgp.museunacional.ufrj.br/O_que_e_geologia.pdf. Acesso em: 10 ago. 2024.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics.** Tokyo: McGraw Hill, 1959. 680 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2006. Escala 1:750.000.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Geodiversidade do Rio Grande do Sul.** 2010.

CPRM. **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES.** (livro eletrônico): CPRM - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 p.

ECKHARDT, R.R. et al. **Proposta de zoneamento ambiental para a região político-econômica do Vale do Taquari (RS).** CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 3, n. 2, p. 5-38, 2008.

ECKHARDT, R. R. **Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari-RS.** 67 f. TCC (Graduação), Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2005. Disponível em:

<https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/0cc23a62-859d-458d-b0a4-d5d26ae1d1d1/content>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EMATER/RS-ASCAR. Impactos das chuvas e cheias extremas no rio grande do sul em maio de 2024. **Boletim Evento Adverso nº 01, maio 2024.** Disponível em:

<<https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-m aio-2024.pdf>>. Acesso em: 18 set 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo de recursos hídricos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas#:~:text=Recurso%20h%C3%ADdrico%2C%20por%20sua%20vez,toda%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20recurso%20h%C3%ADdrico>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Novo Mapa de Solos do Brasil: Legenda Atualizada.** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920267>. Acesso em: 15 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. - Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 360 p. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Equipes iniciam trabalho de recuperação na ERS-129, em Muçum,** 14 jun 2024. Disponível em: <<https://www.estado.rs.gov.br/equipes-iniciam-trabalho-de-recuperacao-na-ers-129-em-mucum#:~:text=Equipes%20iniciam%20trabalho%20de%20recuperacao%20na%20ERS%2D129%20em%20Mu%C3%A7um,-Com%20investimento%20de&text=Nesta%20sexta%2Dfeira%20>>. Acesso em: 24 set 2024.

FEPMAM. **Arquivos Geoespaciais Temáticos, 2010a e 2010b.** Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br/arquivos-geoespaciais-tematicos>. Acesso em: 31 jul. 2024.

FEPMAM-SEMA. **Base Cartográfica do Rio Grande do Sul versão 1.0.** Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, Governo do Estado do RS, SEMA, 2018. Disponível em: <https://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25>. Acesso em: 02 ago. 2024.

FERREIRA, E. R.; BOTH, G. C. **Estudo das enchentes no Vale do Taquari: causas e propostas de controle.** In: MEEP, 4. Lajeado. Anais... Lajeado: UNIVATES, 2001. 171 p.

FERREIRA, F. S. **Análise do Sistema de Outorga da Água para a Gestão de Recursos Hídricos em Mato Grosso.** Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfAgua - Polo UNEMAT. Cuiabá, 2022.

FERRI, G. **História do Rio Taquari-Antas.** 1^a Ed. Encantado: Grafen, 1991.

FIEGENBAUM, Jones et al. Pesquisas Arqueológicas do Vale do Taquari-RS/Brasil. **VII INIC-Encontro de Iniciação Científica e III EPG-Encontro de Pós-Graduação.** Universidade do Vale do Paraíba/SP. De, v. 15, 2000.

FUNDEPAR. Secretaria da Educação do Paraná. **Deslizamentos.** Disponível em: <http://www.geografia.seed.pr.gov.br>. Acesso em: 05 de ago. 2024.

GALDINO, S.; VICTORIA, D. C. **Hidrologia - Capítulo 8.** UFRRJ. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>. Acesso em 04 de agosto de 2024.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; SORIANO, B. M. A. **Erosão na Bacia do Alto Taquari.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 46 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1981; 52).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recenseamento Geral do Brasil 1970 – Censo Demográfico Estado do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Polígonos das áreas urbanizadas no Vale do Taquari.** Polígonos mapeados pelo IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15789-areas-urbanizadas.html>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região de Influência: IBGE. Regiões de Influência das Cidades 2018.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 19 set 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região intermediária, Região imediata, Mesorregião, Microrregião.** IBGE, Divisão Territorial Brasileira - DTB, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas urbanizadas do Brasil : 2019.** Coordenação de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Brasil, 2022a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE.** Censo Demográfico 2022: notas metodológicas n. 04/2024: Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE; Nota metodológica 04/2024; Nota metodológica n. 04; Notas explicativas: Censo 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA) - Mapeamento de Recursos Naturais (MRN).** Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Geomorfologia. 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=downloads>. Acesso em 23 ago. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Geomorfologia. 1:250.000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html>>. Acesso em: 08 ago 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Favelas e Comunidades Urbanas: IBGE muda denominação dos aglomerados subnormais.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38962-favelas-e-comunidades-urbanas-ibge-muda-denominacao-dos-aglomerados-subnormais#:~:text=O%20IBGE%20est%C3%A1%20substituindo%20a,%E2%80%9CFavelas%20e%20Comunidades%20Urbanas%E2%80%9D>. Acesso em: 23 de ago 2024.

INFOSANBAS. **Muçum RS**. Disponível em: <<https://infosanbas.org.br/municipio/mucum-rs/>>. Acesso em: 23 set 2024.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim do inverno de 2023 no Brasil**. Brasília, DF: 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>>. Acesso em: 11 set 2024.

JACOMINE, P. K. T. **A Nova Classificação Brasileira de Solos**. Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica, 5, 161–179. 2009. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/178>. Acesso em: 16 ago. 2018.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. **Geomorfologia**. In: Projeto RADAMBRASIL, 33. Folha SH-22 – Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiana e SI-22 – Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986, p. 313-404.

KOPPEN BRASIL. **Classificação climática de Köppen**, 2016. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 06 set. 2024.

KREUTZ, M. R. **Movimentações de populações Guarani, séculos XIII ao XVIII - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, Rio Grande do Sul**. Lajeado: UNIVATES, 2015. Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Taquari. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário Univates, Lajeado, RS - BR, 2015.

LAIPELT, L., ANDRADE, C. D.; COLLISCHONN, W.; TEIXEIRA, A. A.; DIAS DE PAIVA, R. C.; RUHOFF, A. **ANADEM: A Digital Terrain Model for South America, 2024**. Remote Sensing 16, no. 13: 2321. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/rs16132321>>. Acesso em: 20 ago 2024.

AZEVEDO, Luiz F. **Muçum, no RS, revive tragédia com terceira enchente sucessiva em menos de um ano: 'Estamos isolados'**. O Globo, 2024. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/noticia/2024/05/04/mucum-no-rs-revive-tragedia-com-terceira-enchente-sucessiva-em-menos-de-um-ano-estamos-isolados.ghtml>>. Acesso em: 18 set 2024.

MARCUZZO, F. F. N. PINTO, E. J. de A. A grande cheia de 2020 em Muçum/RS e o tempo de retorno das suas cotas de atenção, alerta e inundação no SACE. **XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (ISSN 2318-0358)**, 2023. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23692>>. Acesso em: 19 set 2024.

MARCUZZO, F. F. N. et al. **Nota técnica: Aferição direta e avaliação indireta do nível máximo de rios do Rio Grande do Sul na grande cheia de 2024**. Porto Alegre: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/24939.5/3/nota_tecnica_levantamento_cheria_2024_v.3.pdf>. Acesso em: 19 set 2024.

MENG, X. **Landslide | Definition, Types, Causes, & Facts | Britannica**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/landslide>. Acesso em 10 de agosto de 2024.

MILANI E.J., MELO, J.H.G, SOUZA, P.A., FERNANDES, L.A., FRANÇA, A.B. **Bacia do Paraná**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287, 2007.

MONTE, B. et al. **Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s.l.], v. 21, n. 1, p.152-167, 25 fev. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p152-167>.

MORAES, S. R. **Mapeamento das áreas e edificações atingidas pelas inundações do Rio Taquari na área urbana do município de Lajeado/RS**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado. 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/items/6c977a43-c93c-49bc-b809-d8712e36c152>.

MORAES, S. R.; COLLISCHONN, W.; BUFFON, F. T.; ECKHARDT, R. R. **Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023**. Porto Alegre, 2024. Nota técnica. Disponível em: www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6.

MUÇUM. **Lei Municipal 3.041/09 de 24 de novembro de 2009**. Institui o código de edificações de Muçum e dá outras providências. Muçum, 2009. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-edificacoes-mucum-rs>. Acesso em: 06 set. 2024.

MUÇUM. **Lei Municipal 191/68 de 01 de junho de 1968**. Institui o plano diretor, regulamenta o loteamento, dá as diretrizes gerais e outras providências. Muçum, 1968. Disponível em <https://leisnaweb.com.br/mostrar-ato/?ato=42&cliente=mucum>. Acesso em: 06 set. 2024.

MUÇUM. **Lei Municipal 3227/11 de 29 de setembro de 2011**. Altera o artigo nº 15 1 e 2 do inciso 1º, o artigo 34 letras a, b, c, d e inclui letra e, artigo 36 da lei municipal de nº 191/68 de 01 de junho de 1968, e dá outras providências. Muçum, 2011. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/parcelamento-do-solo-mucum-rs>. Acesso em: 06 de set. 2024.

MUÇUM. **Lei Municipal 2144/03 de 30 de julho de 2003**. Cria e regula o conselho municipal de defesa do meio ambiente CONDEMA do município de Muçum, e dá outras providências. Muçum, 2003. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a1/rs/m/mucum/lei-ordinaria/2003/215/2144/lei-ordinaria-n-2144-2003-cria-e-regula-o-conselho-municipal-de-defesa-do-meio-ambiente-condema-do-municipio-de-mucum-e-da-outras-providencias?q=meio+ambiente>. Acesso em: 06 de set. 2024.

OLIVEIRA, G.G; GUASSELLI, L.A.; BRUBACHER, J.P.; SIRANGELO, F.R. **Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril, 2015.

OLIVEIRA, S. N. de et al. **Identificação de Unidades de Paisagem e sua implicação para o Ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geomorfologia, S.I., v. 8, n. 1, p. 87-107, 2007. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/88/81>. Acesso em: 11 ago. 2024.

PEREIRA, M. G. et al. **Formação e Caracterização de Solos**. In: TULLIO, L. et al. Formação, Classificação e Cartografia dos Solos. [S.L.]: Atena, 2019. p. 1-117. Disponível em:

<https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/formacao-classificacao-e-cartografia-dos-solos>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PORTO ALEGRE. Plano de Ação Climática - P3: Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas. Porto Alegre, 2024. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/smamus/PMPOA23A_231116_P3_Relatorio_ARVC_V2.0%20%281%29.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2022. Disponível em: <http://brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 27 ago. 2024.

REMPEL, C. et al. Urbanidade, Produção Agrícola e Conservação Ambiental - Estudo de Caso na Região do Vale do Taquari/RS/Brasil. Holos, [S.L.], v. 1, p. 87-98, 10 fev. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015.2365>. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2365>. Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. 7ª ed. Porto Alegre, set. 2022. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em: 07 de agosto de 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Cartilha: Áreas de Risco: ocupações em planícies de inundação. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, Centro de Apoio da Ordem Urbanística e Questões Fundiárias. Porto Alegre, 2024a. Disponível em: https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha_areas_risco.pdf. Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Cartilha: O Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Risco ou Suscetíveis a Desastres. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, Centro de Apoio da Ordem Urbanística e Questões Fundiárias. Porto Alegre, 2024b. Disponível em: https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha_areas_risco_atualizada.pdf. Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Texto constitucional de 3 de outubro de 1989 com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais de n.º 1, de 1991, a 85, de 2023. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1989.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento de Economia e Estatística - DEE Dados, Ano-Base 2021. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <http://deedados.planejamento.rs.gov.br/feedados>. Acesso em 20 de agosto de 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Impacto das chuvas e cheias extremas no RS em maio de 2024. Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR). Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – Emater/RS. Porto Alegre: Emater, 2024. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994. Institui a lei do Desenvolvimento Urbano, que dispõe sobre os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins

urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado, 23 mar. 1994.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021. Altera a Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994, que institui a Lei do Desenvolvimento Urbano, que dispõe sobre os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado, 23 dez. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Perfil Socioeconômico COREDE Vale do Taquari. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional Departamento de Planejamento Governamental, Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, nov. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Termo de Referência - Contratação Emergencial de Assessoria Técnica e Metodológica para Elaboração do Plano de Reconstrução para os municípios do Vale do Taquari e revisão de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano - Universidade do Vale do Taquari/UNIVATES. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano - SEDUR. Porto Alegre, jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Zoneamento Ambiental da Silvicultura: diretrizes da silvicultura por unidade de paisagem e bacia hidrográfica. Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Porto Alegre, 2010. Disponível em:
<file:///C:/Users/l/OneDrive/Desktop/02095820-resolucao-227-09-anexo-vol-2-diretrizes-da-silvicultur-a-por-unidade-de-paisagem-e-bacia-hidrografica.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2024.

SAMPAIO, F. M. A. S; ROBAINA, L. E. S. Suscetibilidade a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Taquari/Antas. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 33, p. 85-105, jun. 2019.

SANTOS, D. M. Zoneamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, enxurradas e inundações no município de Marques de Souza, RS. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015. Disponível em:
<https://core.ac.uk/download/pdf/51328839.pdf>. Acesso em: 24 Agosto 2024.

SANTOS, H. G. Neossolos Litólicos. Embrapa Solos, 2021. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolos-litolicos>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SCHAFFNER, Fábio. Muçum: luto, fuga e recomeço na cidade devastada por cinco enchentes desde setembro de 2023. GZH, 2024a. Disponível em:
[https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2024/09/mucum-luto-fuga-e-recomeco-na-cidade-de-vastada-por-cinco-enchetes-desde-setembro-de-2023-cm0mz0541007k015b868dx3c1.html#:~:text=Corre%C3%A7%C3%A3o%20a%20enchente%20de%20setembro,15h40min%20desta%20quarta%20\(4\)>](https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2024/09/mucum-luto-fuga-e-recomeco-na-cidade-de-vastada-por-cinco-enchentes-desde-setembro-de-2023-cm0mz0541007k015b868dx3c1.html#:~:text=Corre%C3%A7%C3%A3o%20a%20enchente%20de%20setembro,15h40min%20desta%20quarta%20(4)>). Acesso em: 18 set 2024.

SCHAFFNER, Fábio. Muçum revive pesadelo em terceira enchente sucessiva: "Estamos encravados. Não tem como sair por cima, pelos deslizamentos, nem por baixo, porque alagou tudo". GZH, 2024b. Disponível em:
<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2024/05/mucum-revive-pesadelo-em-terceira-chen>

te-sucessiva-estamos-encurralados-nao-tem-como-sair-por-cima-pelos-deslizamentos-nem-por-baixo -porque-alagou-tudo-clvpfo8i701m3011whht35du1.html>. Acesso em: 18 set 2024.

SEMA. **Nota Técnica nº 002/2020/DIPLA/DRHS.** Porto Alegre, 7 ago. 2020. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em: 9 set. 2024.

SEMA, DRH/SEMA, FEPAM. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.** Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas: Encarte Final, out. 2012.

SEMA/FEPAM. **Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul 1:25.000 – BCRS25.** Versão 1.0. Documentação Técnica Geral. Porto Alegre, ago. 2018.

SIEDENBERG, D. R. **Condicionantes político-administrativos do desenvolvimento regional no RS - a experiência dos COREDES.** In: WITTMANN, M. L.; Ramos, M. P. (org.). Desenvolvimento regional: capital social, redes e planejamento. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, v. 1, p. 135-158, 2004.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Capacitação básica em Defesa civil: livro texto para educação à distância.** Brasília: Defesa Civil Nacional, 2011. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/Capacitação-Básica-em-Defesa-Civil-livro-texto.pdf>. Acesso em 01 de agosto de 2024.

USACE-RAS. **“River Analysis System, HEC-RAS v5.0 – 2D Modeling User’s Manual.”** US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2016b. 171 p.

WREGE, M. S. et al. **Atlas climático da região sul do Brasil:** estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Marcos Silveira Wrege...[et al.], editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110041-atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil.pdf>. Acesso: em 11 set. 2024.

ANEXOS

Anexo 1 - Suscetibilidade à Inundação e Zonas Preliminares de Arraste no Município de Muçum.

Anexo 2 - Suscetibilidade à Inundação e Zonas Preliminares de Arraste na sede urbana de Muçum.

Anexo 3 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa no Município de Muçum.

Anexo 4 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa na sede urbana de Muçum.

Anexo 5 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa - Linha Santo Isidoro.

Anexo 6 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa - Linha São Faustino e Jovita.

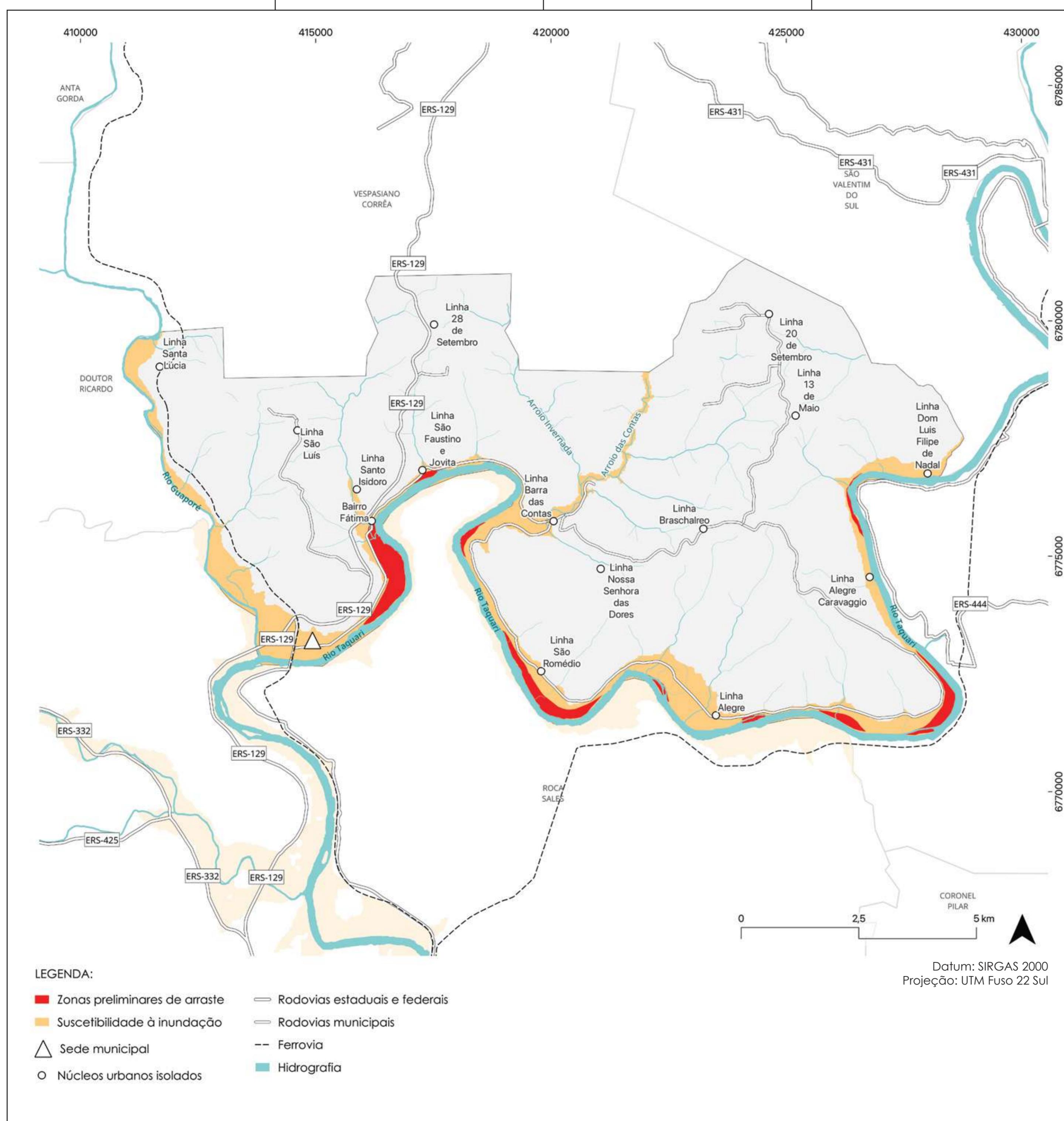
Anexo 7 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa - Linha Santa Lúcia.

Anexo 8 - Zoneamento das Áreas de Risco no Município de Muçum.

Anexo 9 - Zoneamento das Áreas de Risco na sede urbana de Muçum.

PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI





RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

MUÇUM - RS

ANEXO 1

SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E ZONAS PRELIMINARES DE ARRASTE NO MUNICÍPIO

ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025

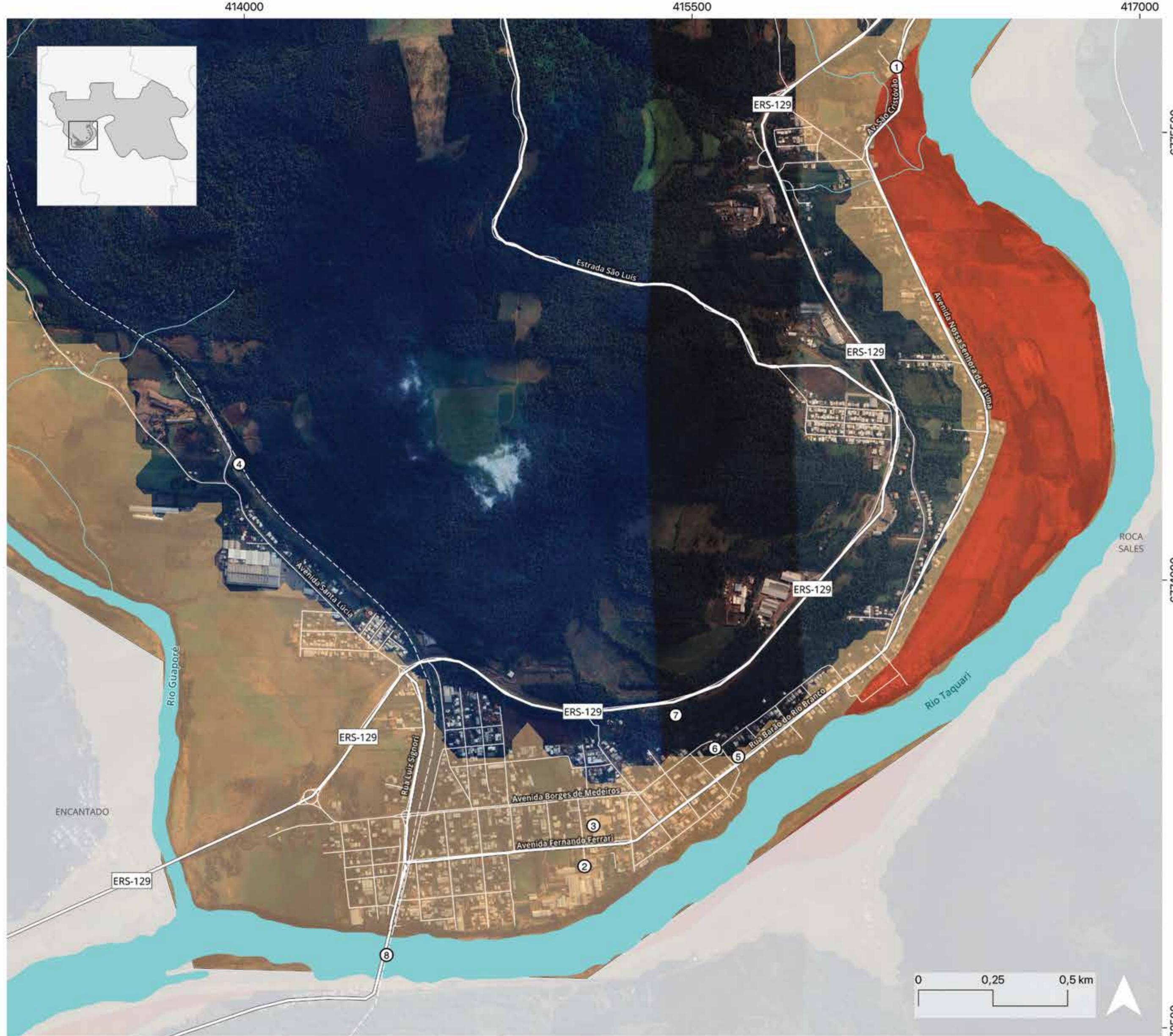


UNIVATES



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
Plano Rio Grande
Belo Rio para todos.

SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO


LEGENDA:

- Zonas preliminares de arraste
- Suscetibilidade à inundações
- Hidrografia
- Rodovias federais e estaduais
- Ferrovia
- Vias

Pontos de referência

- ① Capela Nossa Senhora de Fátima
- ② Curtume CBR
- ③ E.E.E.M. General Souza Doca
- ④ Estação Ferroviária

Estação Rodoviária

- ⑤ Estação Rodoviária
- ⑥ Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação
- ⑦ Mirante Nossa Senhora Salete
- ⑧ Ponte Rodoferroviária Brochado da Rocha

0 0,25 0,5 km
Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO
MUÇUM - RS

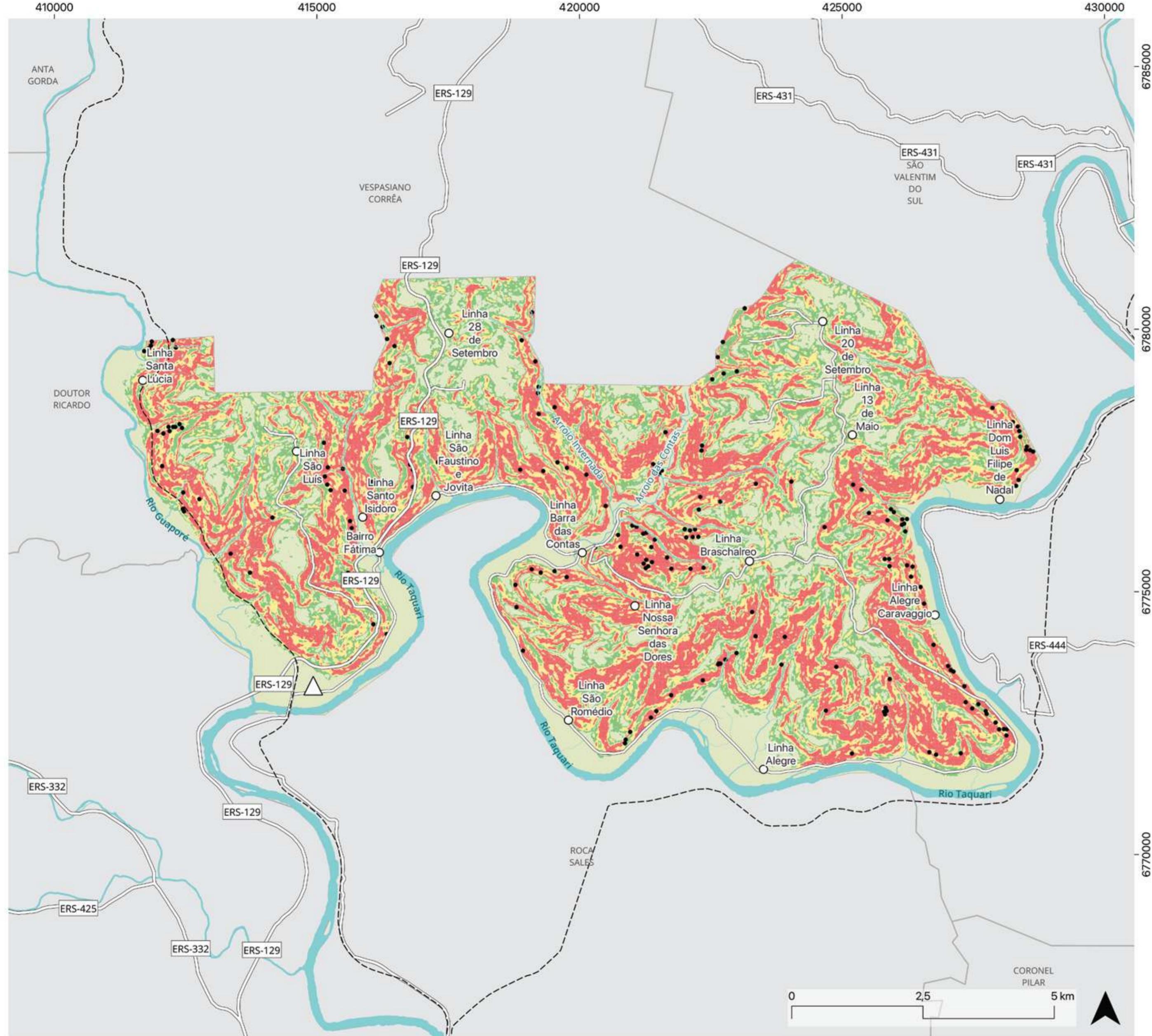
ANEXO 2

SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E ZONAS PRELIMINARES DE ARRASTE NA SEDE URBANA

 ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025

UNIVATES

RIO GRANDE DO SUL
GOVERNO DO ESTADO
Plano Rio Grande
Tudo isso por todos nós.
SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO



LEGENDA:

Susceptibilidade a movimentos de massa

■ Alta Susceptibilidade

■ Média Susceptibilidade

■ Baixa Susceptibilidade

■ Sem Susceptibilidade

- Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024)

△ Sede municipal

○ Núcleos urbanos isolados

■ Hidrografia

— Rodovias estaduais e federais

— Rodovias municipais

— Ferrovia

Datum: SIRGAS 2000

Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO
MUÇUM - RS

ANEXO 3

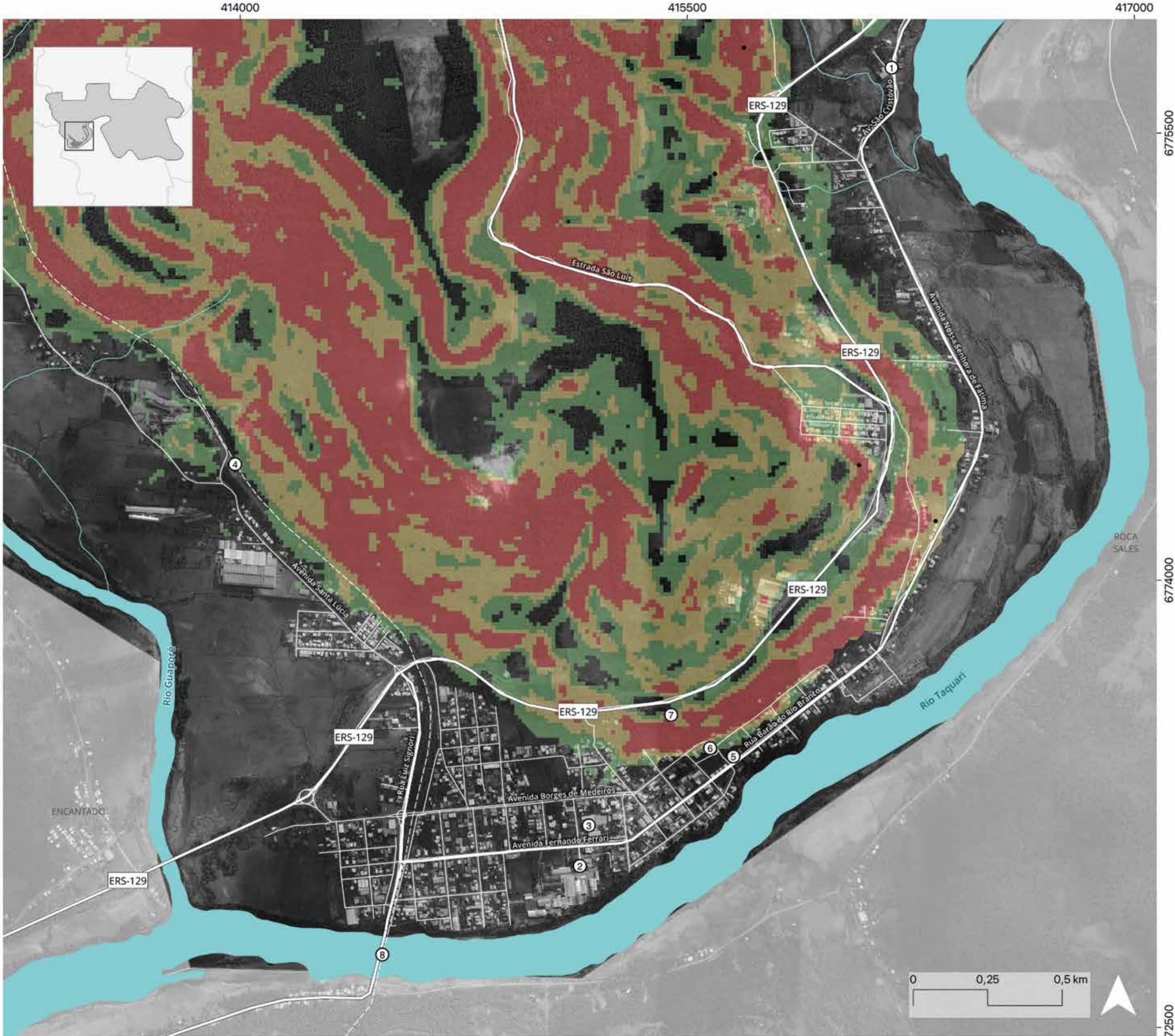
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO

ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES





LEGENDA:

Susceptibilidade a movimentos de massa

■ Alta Susceptibilidade

■ Média Susceptibilidade

■ Baixa Susceptibilidade

• Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024)

Pontos de referência

① Capela Nossa Senhora de Fátima

② Curtume CBR

③ E.E.M. General Souza Doca

④ Estação Ferroviária

⑤ Estação Rodoviária

⑥ Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação

⑦ Mirante Nossa Senhora Salete

⑧ Ponte Rodoviária Brochado da Rocha

■ Hidrografia

— Rodovias federais e estaduais

— Ferrovia

— Vias

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

MUÇUM - RS

ANEXO 4

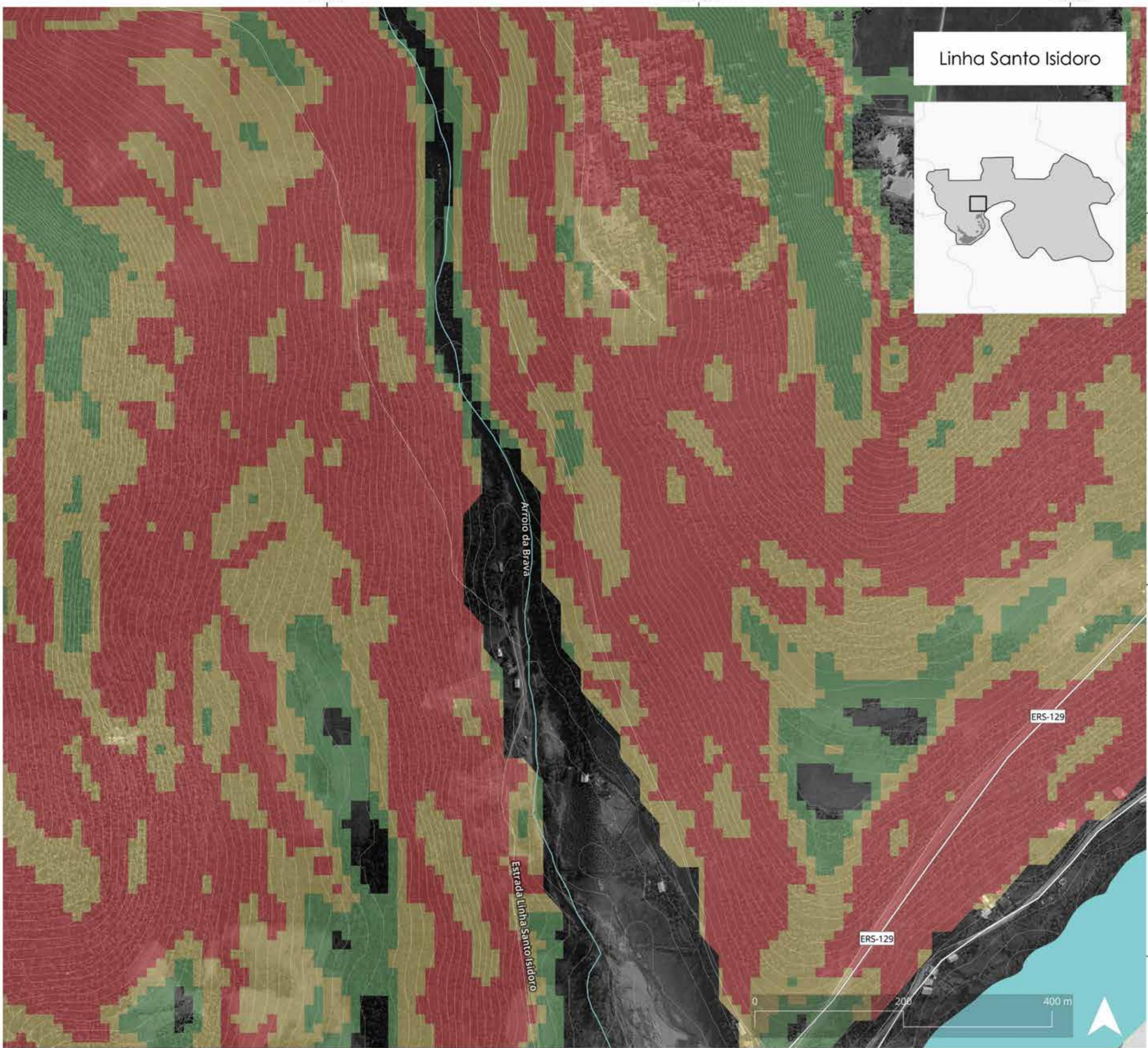
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA SEDE URBANA

ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES





LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa	
Alta Suscetibilidade	Rodovias federais e estaduais
Média Suscetibilidade	Vias municipais
Baixa Suscetibilidade	Hidrografia

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO
MUÇUM - RS

ANEXO 5

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA - LINHA SANTO ISIDORO

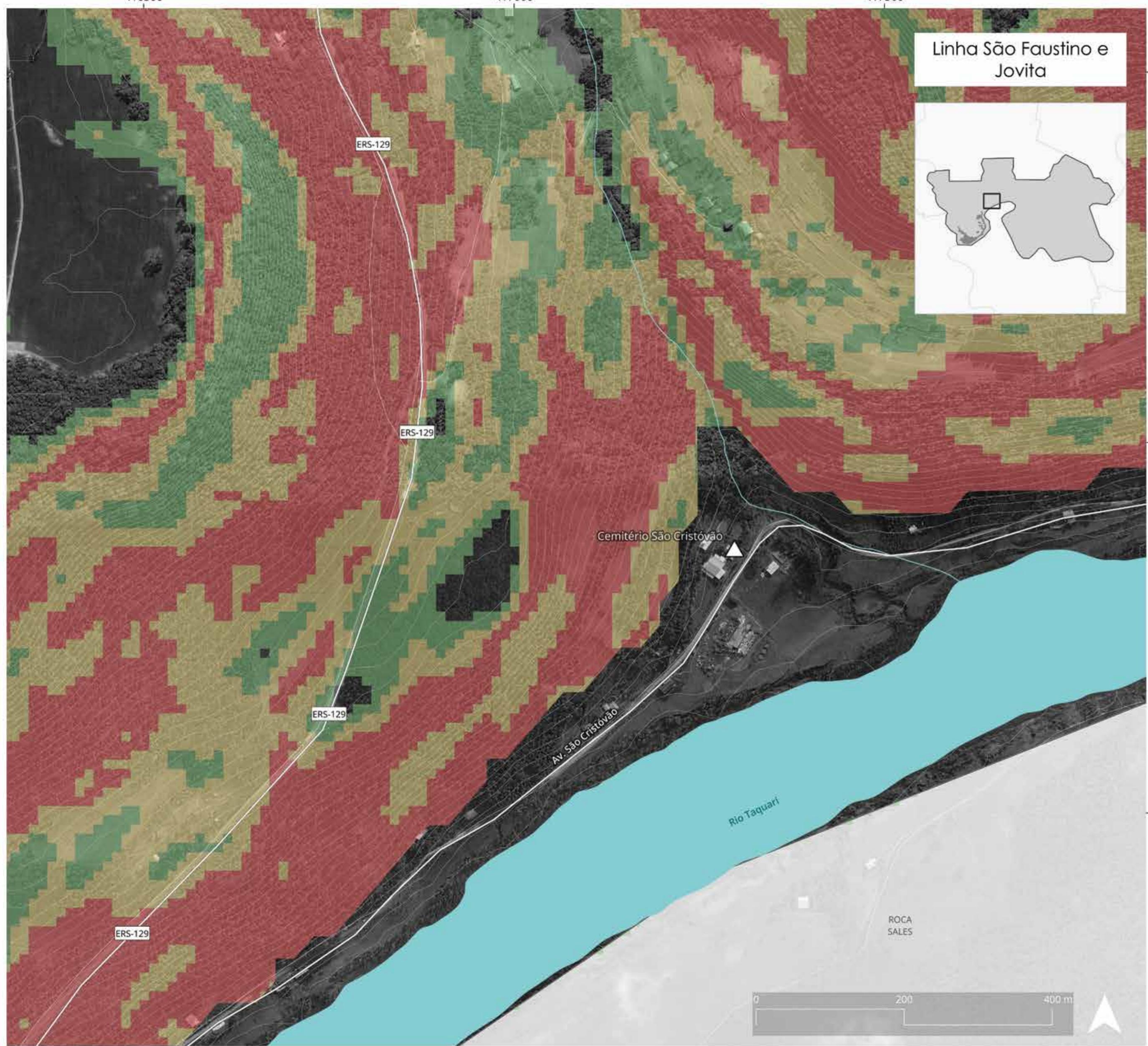
ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES



**GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL**
Plano Rio Grande
Todos nós por todos nós.
SECRETAaria DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO



RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

MUÇUM - RS

ANEXO 6

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA - LINHA SÃO FAUSTINO E JOVITA

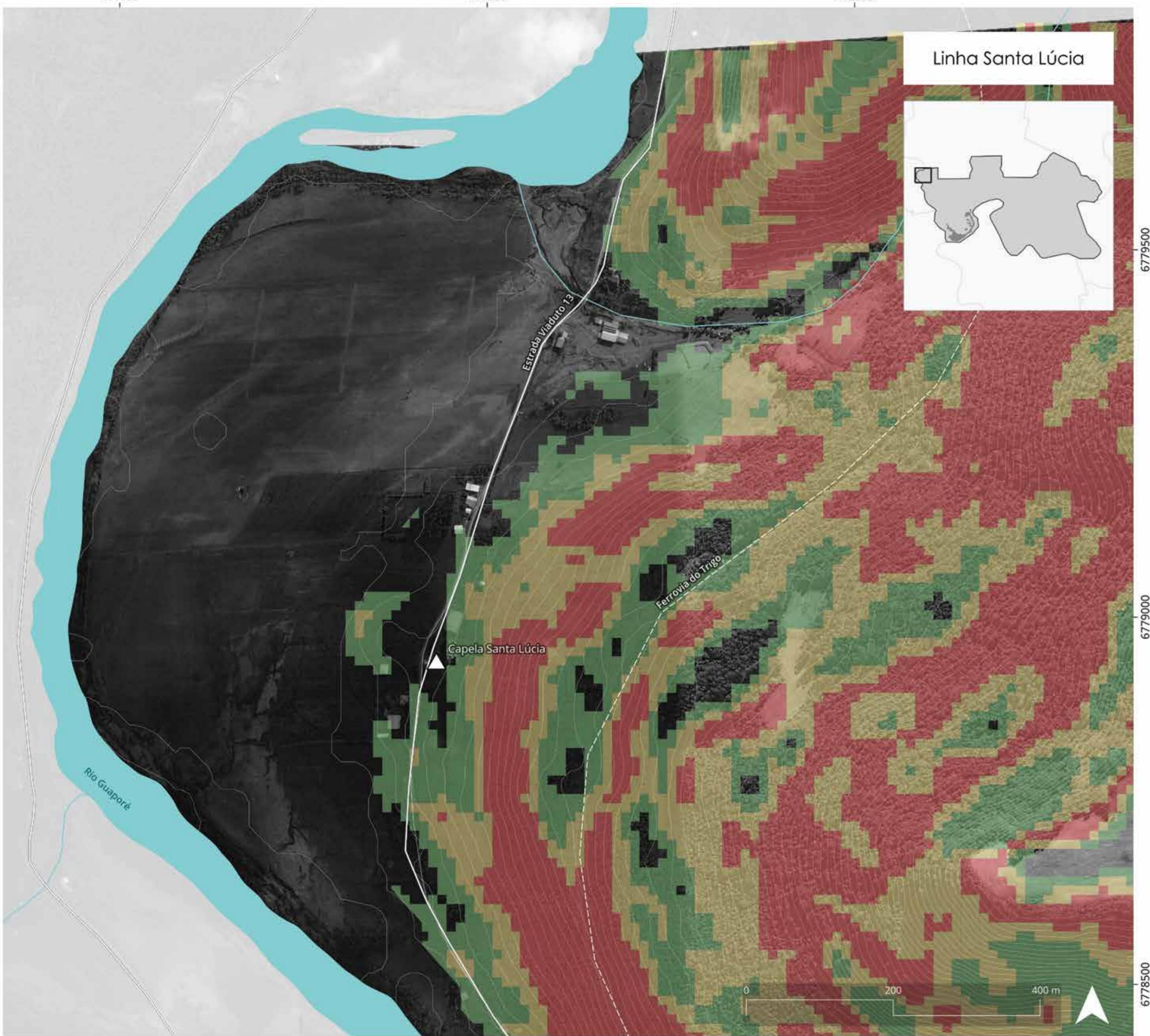
ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
Plano Rio Grande
Todos nós por todos nós.
SECRETAZIA DE
DESENVOLVIMENTO URBANO
E METROPOLITANO



LEGENDA:

- Suscetibilidade a movimentos de massa
 - Alta Suscetibilidade (Red)
 - Média Suscetibilidade (Yellow)
 - Baixa Suscetibilidade (Green)
- Rodovias federais e estaduais (Grey)
- Vias municipais (Light Grey)
- Hidrografia (Blue)

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO MUÇUM - RS

ANEXO 7

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA - LINHA SANTA LÚCIA

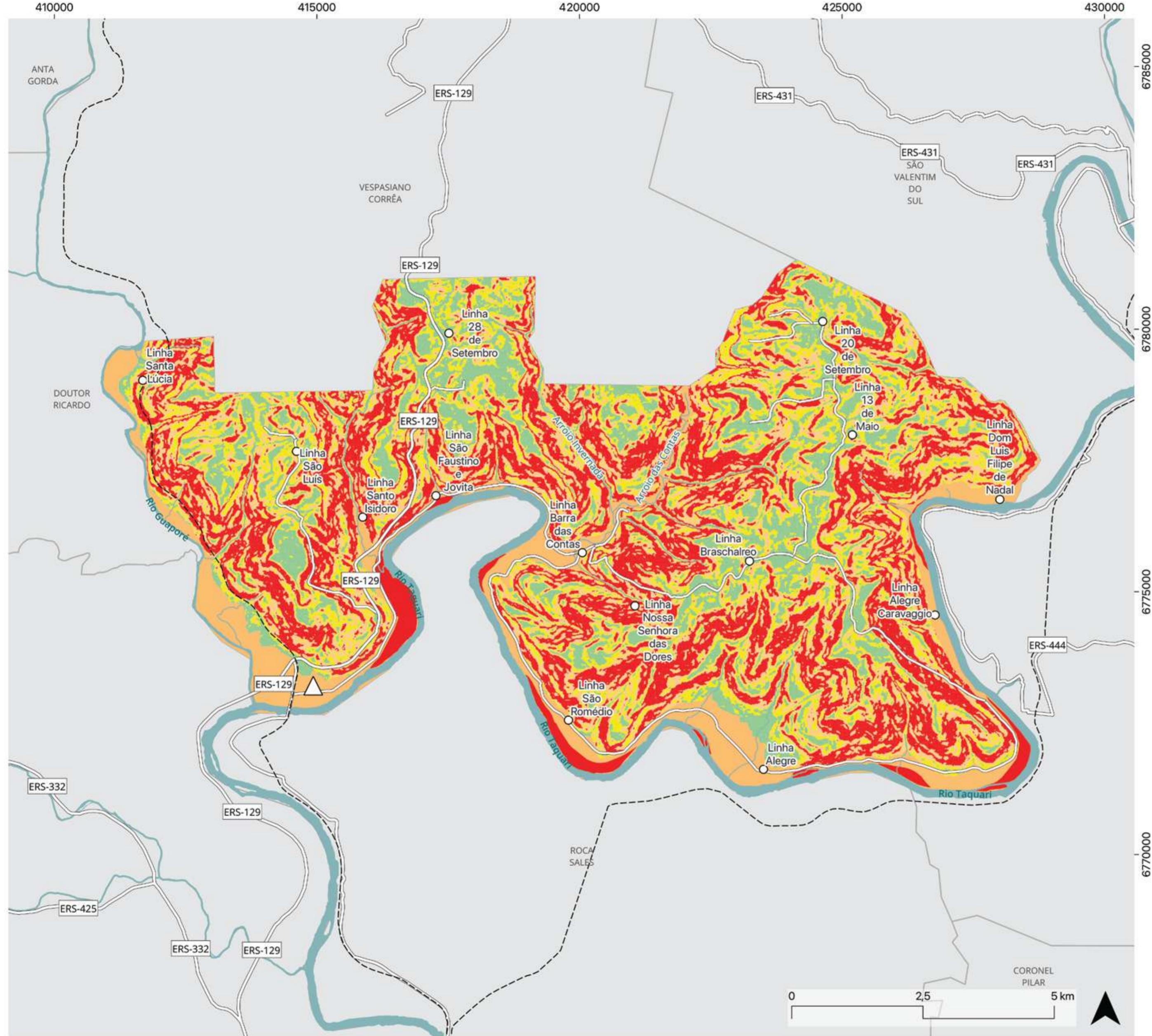
ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
Tudo isso por todos nós.
SECRETAÇÃO DE
DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL
E METROPOLITANO



LEGENDA:

- Classificação de zona de risco
 - Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
 - Médio Risco (zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)

- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)
- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)
- △ Sede municipal
- Núcleos urbanos isolados

- Hidrografia
- Rodovias estaduais e federais
- Rodovias municipais
- Ferrovia

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO
MUÇUM - RS

ANEXO 8

ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO NO MUNICÍPIO

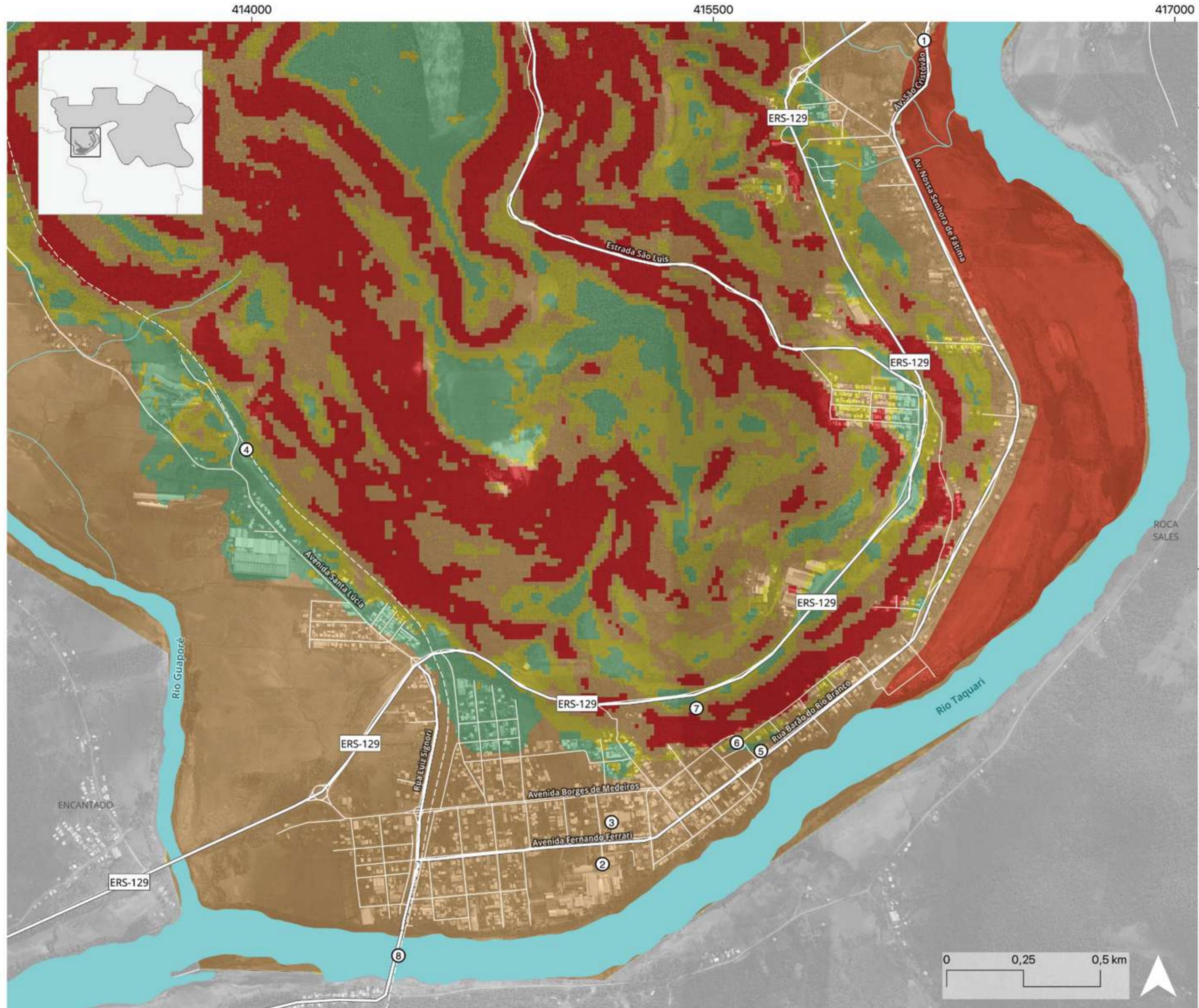
ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES



**GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL**
SECRETAÇÃO DE
DESENVOLVIMENTO REGIONAL
E METROPOLITANO



LEGENDA:

Classificação de zonas de risco

- Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
- Médio Risco (Zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)
- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)
- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)

Rodovias federais e estaduais

Ferrovia

Vias

Hidrografia

Pontos de referência

- ① Capela Nossa Senhora de Fátima
- ② Curtume CBR
- ③ E.E.M. General Souza Doca
- ④ Estação Ferroviária
- ⑤ Estação Rodoviária
- ⑥ Igreja Matriz Nossa Senhora da Purificação
- ⑦ Mirante Nossa Senhora Salete
- ⑧ Ponte Rodoviária Brochado da Rocha

Datum: SIRGAS 2000

Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO MUÇUM - RS

ANEXO 9

ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO NA SEDE URBANA

ESCALA GRÁFICA
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES
JANEIRO/2025



UNIVATES

