

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESESTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO

Santa Maria, RS

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

COORDENAÇÃO NACIONAL

Departamento de Gestão Territorial - DEGET

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Divisão de Geologia Aplicada – DIGEAP

Tiago Antonelli

Divisão de Gestão Territorial - DIGATE

Maria Adelaide Mansini Maia

Coordenação Técnica

Cartas Geotécnica de Aptidão à Urbanização

Patrícia Mara Lage Simões

EQUIPE TÉCNICA

Modelagem

Renato Ribeiro Mendonça

Execução

Angela da Silva Bellettini

Elton Rodrigo Andretta

Renato Ribeiro Mendonça

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO **À URBANIZAÇÃO**

SANTA MARIA, RS

AUTORES

Angela da Silva Bellettini
Elton Rodrigo Andretta
Renato Ribeiro Mendonça



RIO GRANDE DO SUL
2025

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVOS	8
3. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
5. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS	12
5.1. PRODUTOS DISPONIBILIZADOS	12
5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
Área 2 – Distrito de Arroio Grande	15
Área 3 – Sede Sul A.....	15
Área 4 – Sede Sul B.....	16
5.3. MATERIAIS UTILIZADOS	17
5.4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO	18
6. RESULTADOS.....	20
6.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES	21
6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	22
6.2.1 UG_Al-ar.ag – UG Depósitos Aluvionares Arenosos e Arenos-Argilosos.	23
6.2.2 UG_Co-T/SR-i – UG Alúvio-Colúvio.....	27
6.2.3 UG_Co-T/SR-i - UG Colúvio com Tálus Subordinado e substrato de Rochas Sedimentares consolidadas indiviso.....	28
6.2.4 UG_Co-SR/SR-i - UG Colúvio/Residual com substrato de Rochas Sedimentares Consolidadas Indiviso	31
6.2.5 UG_Co-SR/SR-ar - UG Colúvio/Residual com substrato de Arenitos consolidados	34
6.2.6 UG_Co-SR/De-Ba - UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Básicos	36
7. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS.....	42

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente interino

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão
Territorial

RESUMO

Este relatório apresenta de forma objetiva e sintética os aspectos que permeiam a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, produzida pelo do Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM e conduzida pelo Departamento de Gestão Territorial (DEGET), da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), no ano de 2024.

São apresentadas, brevemente, a metodologia adotada e os dados utilizados, bem como os resultados obtidos a partir da integração das informações coletadas em escritório, em campo e por meio de análises laboratoriais.

É importante destacar que as informações contidas neste relatório complementam às apresentadas nas Cartas e SIG produzidos e que, somados, constituem o produto final entregue à gestão municipal.

Palavras-chave: carta geotécnica; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

1. INTRODUÇÃO

As Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização constituem documentos cartográficos que traduzem a capacidade dos terrenos para suportar os diferentes usos e práticas da engenharia e do urbanismo, com o mínimo de impacto possível e com o maior nível de segurança à população.

Tem como objetivo principal caracterizar os terrenos do ponto de vista geológico-geotécnico e definir as aptidões à ocupação quanto à probabilidade de ocorrência dos desastres naturais, em zonas não ocupadas que caracterizam áreas de expansão a médio e longo prazos incluindo regiões metropolitanas não ocupadas.

O documento é previsto no Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais e atende as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012; BRASIL, 2012). Inicialmente desenvolvido em parceria com o Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional), passando a partir de 2017 a serem desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM.

As cartas Geotécnicas de aptidão à Urbanização, associadas a outros produtos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil, como a Setorização das Áreas de Risco e as Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações, constituem uma gama de informações essenciais para o planejamento e gestão urbanos.

Neste contexto, este relatório apresenta informações que complementam a leitura da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Santa Maria, realizada no ano de 2024, pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

2. OBJETIVOS

Este relatório tem o propósito de dar ao usuário, informações mais claras dos insumos utilizados e do processo de produção que envolve os resultados cartográficos finais. Dessa forma, nos tópicos seguintes, serão detalhadas informações referentes à área de estudo, dados utilizados, características das unidades mapeadas, ensaios de campo e laboratório, leitura, usos e limitações da carta, além de outras informações pertinentes ao entendimento completo e correto dos produtos.

3. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO

A Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização pode ter diversas finalidades, podendo ser aplicada para:

1. Subsidiar o poder público na prevenção de desastres relacionados a movimentos de massa e inundações;
2. Regular de forma técnica o parcelamento do solo urbano sob uma abordagem preventiva e de planejamento;
3. Contribuir para projetos de urbanização, indicando onde não se deve permitir a aprovação de novos lotes urbanos voltados para ocupação permanente, áreas em que a aprovação dos lotes está condicionada a estudos de obras de intervenção que garantam a segurança da ocupação e áreas onde não há restrições à aprovação de novos lotes;
4. Avaliar e dar subsídio técnico à municipalidade quanto à aptidão de uma determinada área para a implantação de construções e condomínios residenciais, visando exclusivamente àquelas instalações com fundações rasas e para fins residenciais.

Entretanto, ela apresenta limitações de uso, não podendo ser utilizada para subsidiar de forma direta:

1. Análises de estabilidade de talude e encostas;
2. Projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais;
3. Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
4. Inferir aptidão para a implantação de obras de infra-estrutura de grandes dimensões e que necessitem de fundações profundas e/ou métodos construtivos mais elaborados, como edifícios, rodovias, obras metroviárias, instalações industriais, dentre outras;
5. Aplicações incompatíveis com a escala cartográfica de elaboração (1:10.000).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consiste no levantamento de informações do meio, com a descrição de características do terreno (geologia, solos/materiais inconsolidados e geomorfologia) e a execução de ensaios (in situ e em laboratório). Tais informações são analisadas e trabalhadas em escritório para composição do documento cartográfico.

Os trabalhos para produção das Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização perfazem de três etapas básicas. Estas etapas consistem de atividades de escritório, campo e laboratório, realizadas conforme cronograma apresentado na **Tabela 1 e Figura 1**.

Tabela 1 - Equipe e período de realização das atividades de campo e laboratório.

Atividades	Mês	Equipe
Campo – Etapa 1	03/2024	Angela da Silva Bellettini Douglas da Silva Cabral Elton Rodrigo Andretta Guilherme Henrique S. Peret Renato Ribeiro Mendonça
Campo – Etapa 2	09/2024	Angela da Silva Bellettini Elton Rodrigo Andretta Renato Ribeiro Mendonça
Laboratório	11/2024	Angela da Silva Bellettini Elton Rodrigo Andretta Felipe de Medeiros Jacques (Estagiário)

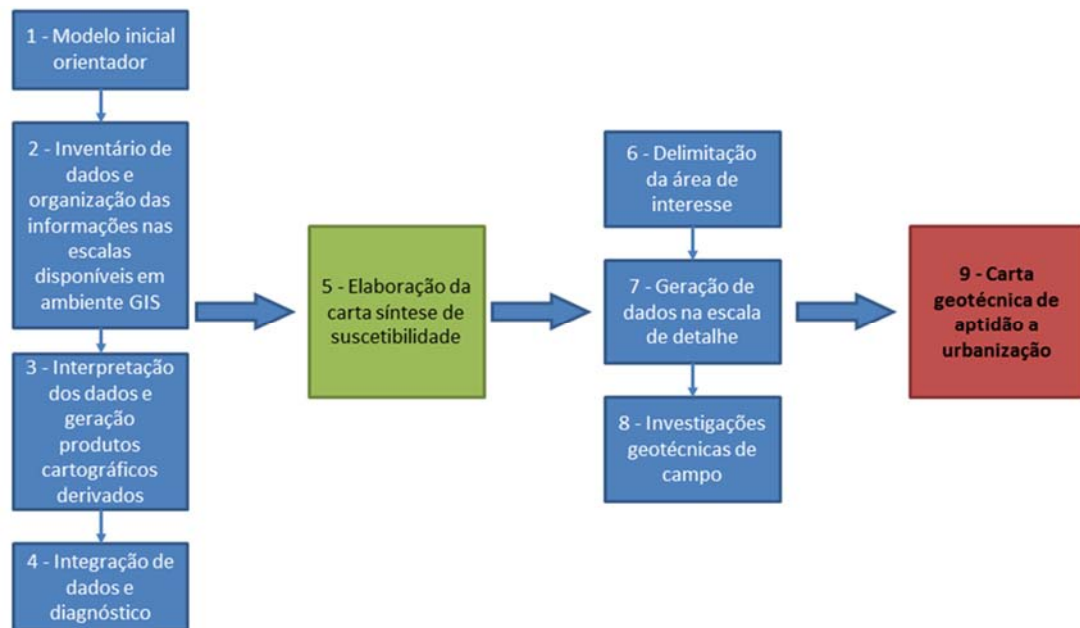


Figura 1 - Fluxo de processos executados durante o trabalho.

A metodologia utilizada durante os trabalhos é apresentada no Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão a Urbanização (ANTONELLI, et al., 2021 e FERREIRA, et. al., 2025).

Na Figura 2 a metodologia é melhor detalhada, descrevendo cada etapa que consiste a produção da carta geotécnica.

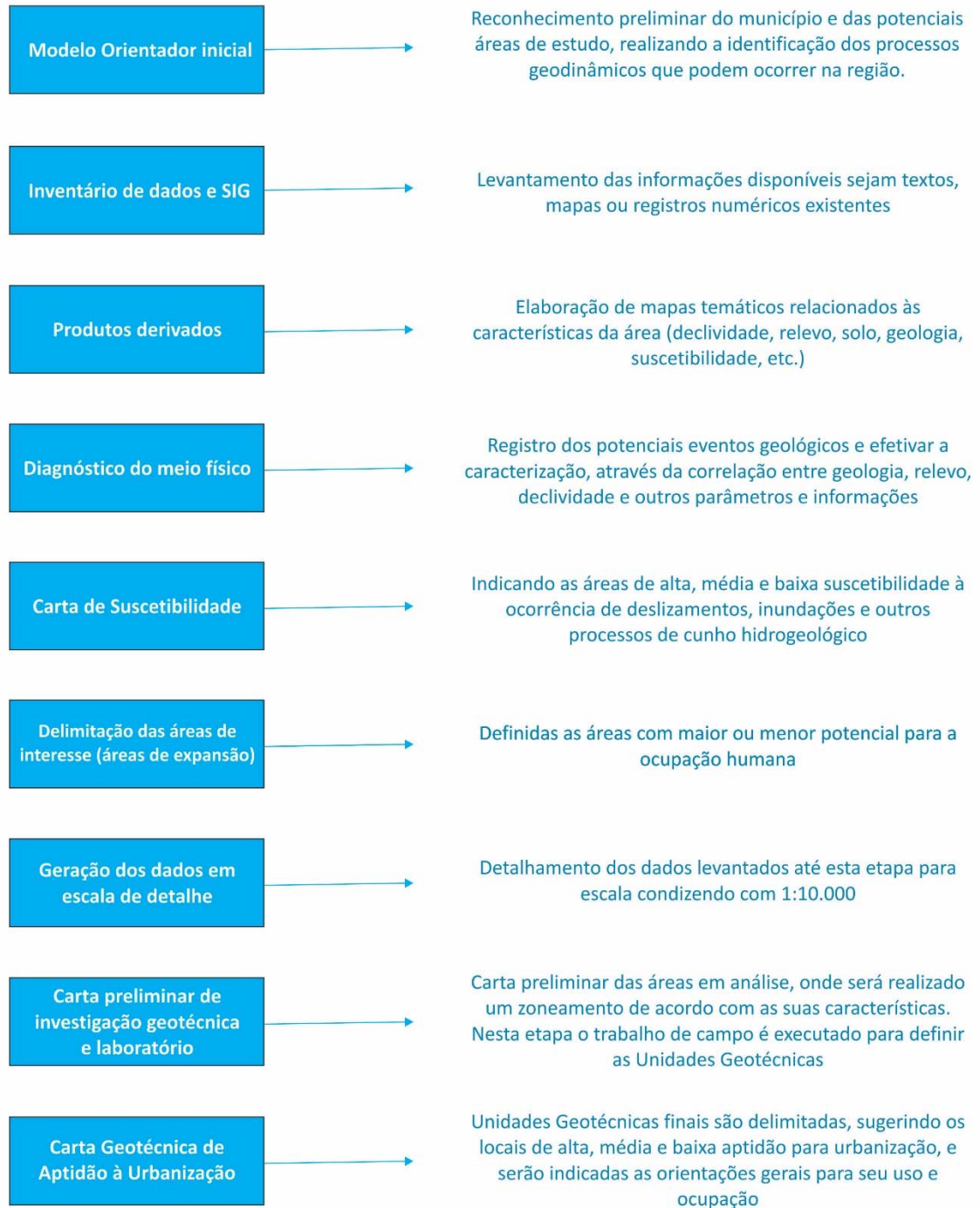


Figura 2 – Descrição da metodologia aplicada.

5. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS

5.1. PRODUTOS DISPONIBILIZADOS

O produto final da **Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Santa Maria** é composto pelo conteúdo apresentado na **Tabela 2**. O Conteúdo da pasta SIG (Erro! Fonte de referência não encontrada.3) é projetado no Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 UTM Zona 22S. Todos esses dados poderão ser acessados através do **Repositório Institucional de Geociências (Rigeo)**, no link <https://rigeo.sgb.gov.br/>.

Tabela 2 - Produtos finais da Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização.

Produto	Descrição
Pasta Cartas em PDF	
Carta 1	Documento cartográfico da Área 1
Carta 2	Documento cartográfico da Área 2
Carta 3	Documento cartográfico da Área 3
Pasta SIG	
Subpasta Base_Tematica	
Areas_Expansao_A	Limites da área de estudo - vetores de crescimento das áreas urbanas
Aptidão_Urbana_A	Polígonos de aptidão para urbanização, separados em classes de alta, média e baixa.
Titulos_Minerarios_A	Áreas com algum tipo de requerimento necessários para a exploração mineral
Unidades_Geotecnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas
Sub pasta Investigações e Coletas	
Amostragem_P	Informações dos materiais coletados em campo
Sond_Trado_P	Informações dos pontos nos quais foram realizadas sondagens à trado
Subpasta Pontos de Campo	

Pontos_de_Campo_P	Informações de todos os pontos de campo realizados
-------------------	--

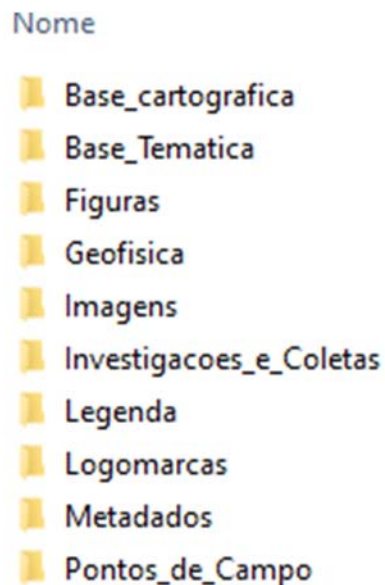


Figura 3 - Estruturação do SIG.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Santa Maria localiza-se na região central do estado do Rio Grande do Sul, configurando-se como um ponto estratégico sob os aspectos geográfico e logístico. Este encontra-se a aproximadamente 290 km da capital Porto Alegre e desempenha a função de polo regional nos setores de educação, comércio e serviços. Destaca-se pela presença da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e pelo entroncamento com importantes rodovias. As principais áreas urbanizadas concentram-se na sede municipal e no distrito de Camobi, onde se encontra instalada a UFSM.

A área do projeto (**Figura**) foi baseada nas áreas de expansão (vetores de crescimento) indicadas pela Prefeitura Municipal de Santa Maria e que constam em seu plano diretor. Com a finalidade de refinar os limites das áreas, alguns trechos foram editados para se adequar a escala de trabalho e facilitar o entendimento do produto final.

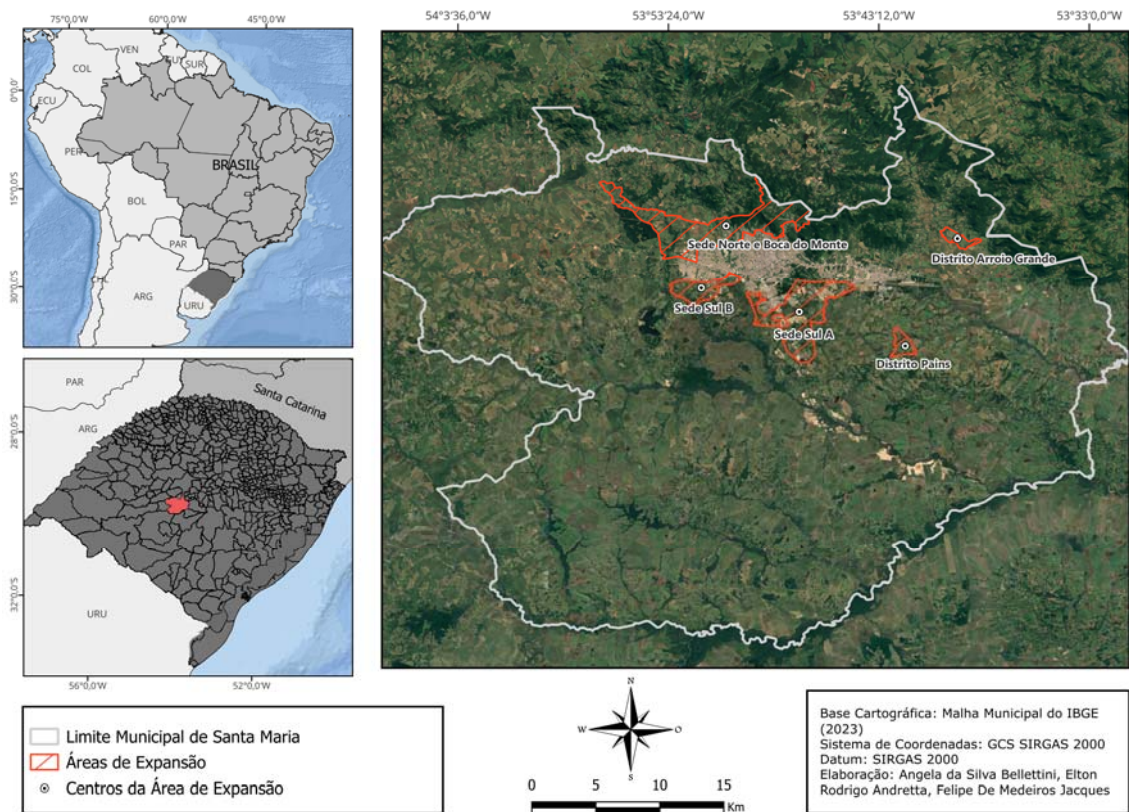


Figura 4 - Mapa de localização do município de Santa Maria – RS e áreas de expansão fornecidas pela prefeitura municipal (delimitadas pelos polígonos vermelhos).

Para melhor entendimento, as mesmas foram denominadas de **Área 1 - Distrito Pains**, **Área 2 – Distrito de Arroio Grande**, **Área 3 – Sede Sul A**, **Área 4 – Sede Sul B** e a **Área 5 – Sede Norte e Boca do Monte**. A área total analisada é de aproximadamente 73,4 km², o que corresponde a 4,12% do território municipal.

Abaixo são apresentadas, para cada área, as características essenciais do terreno que foram alvo direto das análises realizadas em todas as etapas do projeto.

Área 1 – Distrito Pains

Esta área possui 2,8 km², situada a sudeste da sede do município e a sul do distrito de Camobi. Caracteriza-se por um relevo suave a ondulado de colinas amplas (amplitudes predominantes de 20 a 50 m) levemente dissecadas pela nascente de pequenos arroios. Em uma pequena fração na porção sudeste, há

uma planície de inundação, caracterizada por superfícies sub-horizontais mal drenadas e periodicamente inundáveis, com amplitude próxima de zero.

As litologias identificadas na área foram classificadas como pelitos avermelhados a esbranquiçados alterados devido ao intemperismo acentuado. Este tipo de rocha é característico da Formação Santa Maria e está associado aos relevos de colinas. Depósitos arenosos ou areno-argilosos, bem selecionados, foram localizados em ambiente de planície de inundação.

Área 2 – Distrito de Arroio Grande

Esta área possui 2,35 km², situada a nordeste da sede do município. Caracteriza-se predominantemente por um relevo suave a ondulado de colinas amplas dissecadas pelos corpos hídricos, Arroio Grande a oeste, Sanga do Matadouro no centro e pelo Arroio do Veado a leste. Os corpos hídricos são delimitados pelas planícies de inundações caracterizadas de superfícies sub-horizontais mal drenadas e periodicamente inundáveis, com amplitude próxima de zero.

Nesta área, foi possível analisar apenas um talude de corte com substrato arenoso, à observação ocorreu predominantemente em superfície ou com auxílio de trado, não ultrapassando profundidades maiores que 1,5 metros. O solo observado nas colinas era predominantemente areno-siltoso marrom, podendo apresentar grânulos em profundidades maiores. A litologia predominante na área é característica da Formação Santa Maria. Depósitos arenosos ou areno-argilosos, bem selecionados, foram localizados em ambiente de planície de inundação dos rios Arroio Grande, Sanga do Matadouro e Arroio do Veado.

Área 3 – Sede Sul A

Esta área possui 24,61 km², situada ao sul da sede do município. Caracteriza-se predominantemente por um relevo suave a ondulado de colinas amplas, entretanto no norte da área há a presença de morros altos. Sendo que, dentro do limite desta área de estudo, situam-se as porções mais baixas e de declividades médias das vertentes dos morros altos. Ocorrem diversos arroios cortando o território, dentre os principais está o Passo das Tropas, o qual

atravessa este território de nordeste a sudoeste e a noroeste é limitado pelo Arroio Cadena. Todos apresentam planícies de inundações periodicamente inundáveis, com amplitude próxima de zero. Sendo que o arroio Cadena apresenta histórico de eventos de inundações, com setores de risco mapeados logo acima desta área de estudo (BELLETTINI & MENDONÇA, 2024). Outra observação é a presença do avanço da urbanização nesta área por meio de condomínios residenciais e/ou loteamentos.

As litologias identificadas na área foram classificadas como arenitos e pelitos com coloração variando do avermelhado ao esbranquiçado, apresentando intenso grau de intemperismo. Este tipo de rocha é característico da Formação Santa Maria. Além disso, ocorrem depósitos arenosos a areno-argilosos, bem selecionados, associados a ambientes de planície de inundação.

Área 4 – Sede Sul B

Esta área possui 7,26 km², situada a sudoeste da sede do município, possui características semelhantes às áreas 1, 2 e 3, predomínio de colinas amplas e suaves, e substrato rochoso de arenitos da Formação Santa Maria. Nesta área, os corpos hídricos principais são o Arroio Ferreira, o Arroio Lenhador e o Cadena, possuem planícies de inundação mal drenadas e periodicamente inundáveis, e nestes ambientes se observam depósitos arenosos a argilo-arenosos.

Área 5 – Sede Norte e Boca do Monte

Esta área possui 36,38 km², situada ao norte da sede do município, e foi a maior área em extensão territorial e diversidade analisada. Apresenta relevo predominante de colinas amplas e suaves, cortadas por grandes planícies de inundação a oeste e relevos característicos da escarpa da Serra Geral a leste. Os padrões encontrados na região leste são escarpas degradadas, degraus estruturais e rebordos erosivos, rampas de colúvio/depósito de tálus, rampas de alúvio/colúvio e planaltos nas altitudes elevadas. O que demonstra que a porção leste é uma região com relevo acidentado, com variabilidade rochosa desde

arenitos e pelitos das formações Caturrita e Guará, arenito Botucatu e vulcânicas (básicas, intermediárias e ácidas) da Serra Geral, e consequentemente de solos.

Os principais corpos hídricos nesta área são o Arroio Ferreira, Arroio Cadena e o Rio Vacacaí-Mirim com planícies de inundações desenvolvidas e periodicamente inundáveis. Entretanto, como o arroio Cadena e o rio Vacacaí-Mirim possuem nascentes nas porções mais elevadas deste território, além de episódios de inundações, há registros de enxurradas, observados pela presença de cascalho nas cabeceiras e porções iniciais dos respectivos leitos. Outra característica é a presença de rampas de alúvio-colúvio nos córregos que drenam as porções mais elevadas da área, as quais possuem média a baixa suscetibilidade à inundação.

5.3. MATERIAIS UTILIZADOS

Conforme é apresentado na metodologia, foram levantados os dados do meio físico já existentes para as áreas de trabalho. Para a elaboração dos produtos finais, foram utilizados como fonte principal, os dados abaixo, readequados a escala de trabalho quando necessários.

- Dados coletados em campo: tipos de rochas, coberturas superficiais, relevo, tipo de solo e feições relacionadas a processos de movimento de massa, inundações, enxurradas e erosões;
- Mapas geológicos: Carta Geológica Folha SH-V-C-IV Santa Maria na escala 1: 100.000 (GODOY, *et al.*, 2018);
- Mapa de Coberturas Superficiais elaborados com dados de campo;
- Mapa de solos na escala 1:250.000 produzidos pelo IBGE (2023);
- Modelagens de movimentos de massa e inundações provenientes da carta de suscetibilidade do município e refinadas em atividade de campo;
- Mapa de padrões de relevo refinado para a escala 1:10.000;
- Mapa de declividade (inclinação);

- Mapa hipsométrico (altitude).

Vale ressaltar que os dados topográficos utilizados para gerar as modelagens, mapas de declividade, hipsométrico e relevo, são provenientes da Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Santa Maria - RS (BELLETTINI, MENDONÇA, 2024). Devido a ausência de dados topográficos compatíveis com a escala de trabalho, foi utilizado o Modelos Digitais de Elevação (MDE) Copérnicus¹ com resolução espacial de 30 m.

As imagens óticas foram obtidas a partir da plataforma Google Earth, utilizando serviços de *Web Map Services* (WMS). Em atividade de campo foram geradas imagens através de aeronave remotamente pilotada (RPA/Drone) que foram processadas para auxiliar na interpretação dos dados.

5.4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Durante as atividades de campo foram coletadas 08 amostras de campo. Estas amostras foram analisadas em paralelo pelo Laboratório de Análise Mineral (Lamin) e no Laboratório de Mecânica dos Solos (Lameso), ambos do Serviço Geológico do Brasil. As análises realizadas no Lamin foram executadas no município de Manaus, AM, enquanto as demais análises foram feitas na unidade do Lameso, localizado no município do Rio de Janeiro, RJ.

A análise realizada no Lamin se refere a avaliação granulométrica do material fino, através de análises granulométricas por espalhamento a laser para partículas entre 0,02 a 1000 μm . O equipamento utilizado é o Granulômetro a laser Mastersizer 2000 - com dispersor Hydro 2000MU e os dados foram processados com o *software* Mastersizer 2000, conforme Instrução Técnica SGB - IT-03-09-01 (2021).

As amostras encaminhadas ao Lameso foram ensaiadas conforme indicado na **Tabela 3**, onde são mostrados os tipos de ensaio aos quais as amostras foram submetidas e as respectivas normas de procedimentos técnicos seguidos.

¹ Mais informações: <https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/dataset-details?articleId=394198>

Através dos ensaios (Figura 5), os tipos de solo das áreas de estudo, foram classificados, seguindo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), o que auxilia na determinação da aptidão à urbanização.

Tabela 3 - Ensaios executados em laboratório.

Ensaio	Norma
Umidade higroscópica	Norma 6457 (ABNT, NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, 2016)
Densidade e massa específica dos grãos	DNER-ME 093/94 (DNER-ME, 1994)
Análise granulométrica por espalhamento a laser	SGB: IT-03-09-01 (2021)
Análise granulométrica (peneiramento grosso)	Norma 7181 (ABNT, NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, 2016)
Limites de Atterberg (limite de liquidez - LL e limite de plasticidade - LP)	LL: Norma 6459 (ABNT, NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, 2016) LP: Norma 7180 (ABNT, NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade, 2016)



Figura 5 - Procedimentos e ensaios realizados: (A) Preparação de amostra, (B) Umidade Higroscópica, (C) Limite de Líquides e de Plasticidade e (D) Densidade real dos grãos.

6. RESULTADOS

Os trabalhos desenvolvidos em campo, laboratório e em escritório, permitiram definir características geológico-geotécnicas que classificam os terrenos estudados de acordo com sua aptidão à urbanização.

A interpretação do levantamento preliminar, modelagens, atividades de campo e ensaios laboratoriais, resultaram em dois planos de informações principais: as unidades geotécnicas e as áreas aptas à urbanização. A primeira é a combinação do substrato litológico com as coberturas inconsolidadas. A segunda é a integração entre as áreas classificadas quanto a suscetibilidade a movimentos de massa e inundações e as unidades geotécnicas, resultando em áreas de baixa, média e alta aptidão a urbanização.

A seguir são descritas as principais características das áreas aptas e das unidades geotécnicas, identificadas no município.

6.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES

As classes de aptidão à urbanização do município de Santa Maria estão relacionadas aos processos geodinâmicos com potencial para a ocorrência de desastres, como movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos, rastejos e quedas de blocos), além de inundações e enxurradas. Os resultados dessa análise estão representados no mapa apresentado na Figura 6.

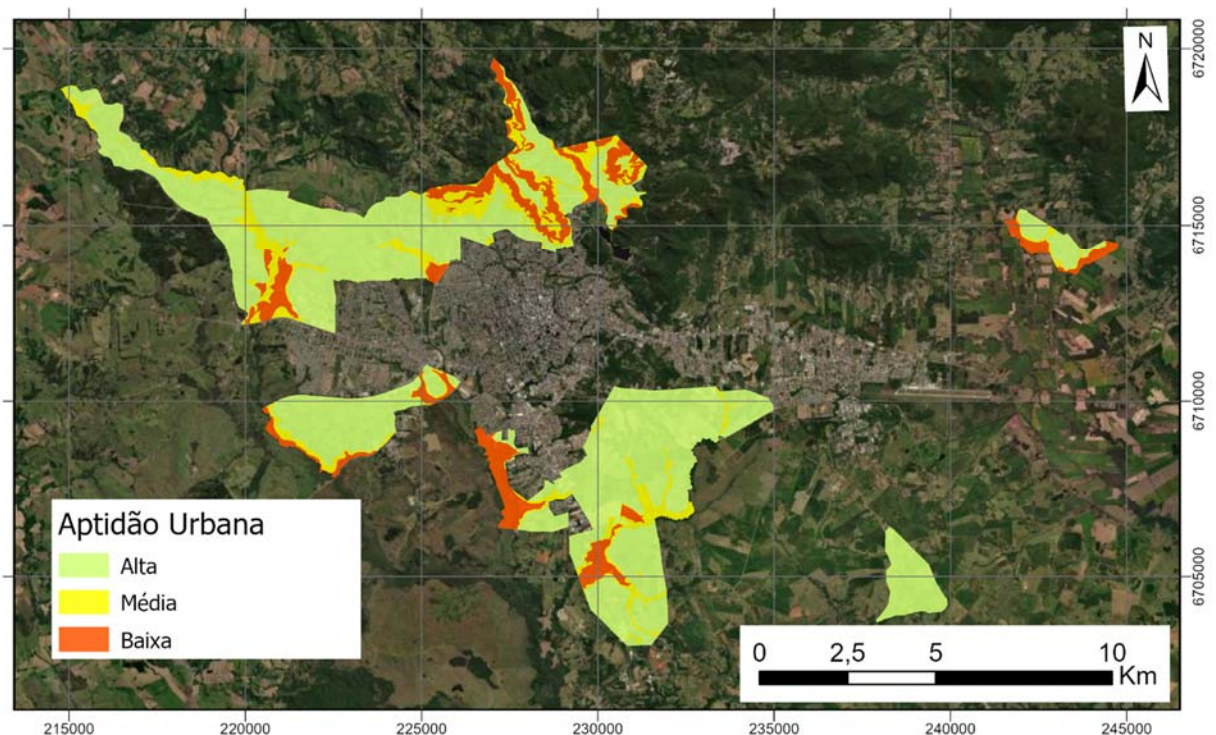


Figura 6 – Classes de aptidão a urbanização reconhecidas e classificadas nas áreas de expansão de Santa Maria/RS.

Para a classificação das áreas de aptidão, utilizou-se inicialmente a Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundação (Mendonça & Bellettini, 2024), na escala 1:25.000. A partir dessa base, foram realizadas análises e as adaptações necessárias para a escala de 1:10.000. Cada classe de suscetibilidade foi reavaliado e enquadrado em uma ou mais classes de aptidão.

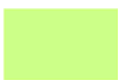
Por exemplo, áreas classificadas com alta suscetibilidade a movimentos de massa foram reclassificadas como de baixa aptidão à urbanização.

Além dessa reclassificação, a aptidão também foi influenciada pelas unidades geotécnicas em que cada área está inserida. Unidades compostas por depósitos inconsolidados, como colúvios, talús e materiais correlatos, tiveram sua classe de aptidão rebaixada, em função da fragilidade geomecânica do substrato.

Por fim, os polígonos gerados pela modelagem a movimentos de massa gravitacionais da suscetibilidade foram readequados para a escala de 1:10.000, e os ajustes necessários foram feitos associados às análises de campo, para compatibilizar com a realidade do terreno.

Para avaliar a influência dos processos de inundação sobre a aptidão urbana, foi realizada uma nova modelagem de suscetibilidade utilizando o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage). A análise foi aperfeiçoada para a escala de 1:10.000, considerando as unidades geomorfológicas compatíveis com esse nível de detalhamento e atribuindo pesos diferenciados às feições mais propensas a processos de inundação. As classes de aptidão são apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Classes de Aptidão e suas características.

Símbolo no mapa	Classe	Características
	Alta	Áreas sem restrição à urbanização ou já consolidadas do ponto de vista geológico-geotécnico
	Média	Áreas com restrições geotécnicas, mas que podem ser ocupadas segundo determinados critérios técnicos e diretrizes (áreas consolidáveis com intervenções estruturantes)
	Baixa	Áreas com severas restrições para a ocupação e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico, às quais se deve dar outro tipo de uso devido ao alto custo para urbanização

6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

Os terrenos encontrados na área estudada apresentam diferentes comportamentos e propriedades geotécnicas que refletem as interações entre os condicionantes do meio-físico, tais como as litologias e sua evolução

tectônica; as coberturas inconsolidadas compreendendo todo o pacote intemperizado que capeia o substrato rochoso; a compartimentação geomorfológica regional que pode condicionar, potencializar e acelerar os problemas geotécnicos relacionados com a dinâmica das vertentes, principalmente os relacionados a eventos de movimentos de massa nas áreas de relevo mais acidentado.

As unidades geológico-geotécnicas definidas e caracterizadas neste mapeamento refletem a tendência do comportamento dos terrenos frente às solicitações decorrentes dos processos de urbanização futuros, sob o ponto de vista da geologia de engenharia.

Foram definidas seis unidades geológico-geotécnicas cuja denominação e siglas adotadas foram estabelecidas com a finalidade de possibilitar, da forma mais direta possível, a identificação de algumas características geotécnicas específicas e definidoras da unidade.

6.2.1 UG_Al-ar.ag – UG Depósitos Aluvionares Arenosos e Arenos-Argilosos

Esta unidade ocorre nas planícies de inundações dos rios Vacacaí-Mirim, Arroio Cadena, Arroio Ferreira, Arroio Passo das Tropas, Arroio Grande e Arroio do Veado e afluentes (Figura 7), sendo que o Arroio Cadena e o Rio Vacacaí-Mirim possuem histórico de eventos de inundações principalmente na região central do município. Compreende relevo plano, localmente suave a ondulado, com amplitudes inferiores a 5 metros e declividades entre 0 e 5 graus. O tipo de solo predominante nesta unidade é o planossolo háplico eutrófico.



Figura 7 – Foto da planície de inundação do Arroio do Veado, na área 2.



Figura 8 – Aluvião no ponto de campo número 50, onde coletou-se a amostra SM-050 analisada.



Figura 9 – Trado realizado em planície de inundação, detalhe do perfil no ponto de campo número 15, na área 5: camadas superiores tons de marrons (esquerda da ferramenta) e tons esbranquiçados em profundidades maiores (direita da ferramenta).

A unidade Al-ar.ag é constituída por sedimentos arenosos ou areno-argilosos com coloração marrom, cinza e cinza esbranquiçada, dispostos sob a forma de camadas e/ou lentes nas margens dos rios (Figuras 8 e 9). Estes materiais são provenientes da deposição fluvial ao longo das redes de drenagem, formando as planícies de inundação. Durante as observações de campo, foram verificadas camadas arenosas espessas nas margens de alguns rios, o que foi caracterizado e demonstrado através dos resultados obtidos em análises de laboratório da amostra coletada SM-050 (Figura 10).

Esta unidade tem uma capacidade de suporte boa a excelente, principalmente nas camadas arenosas, porém por estarem frequentemente saturadas e próximo ao lençol freático essa capacidade é reduzida, a escavabilidade é boa (1ª categoria) e é permeável quando compactado. Quando há presença de níveis argilosos, estes podem ser compressíveis e sujeitos a recalques. A possibilidade de desenvolvimento de processos erosivos é variável, sendo alta nas margens dos cursos d'água onde há solapamento. A suscetibilidade a inundações nestes terrenos é elevada. E pode haver contaminação do lençol freático nas camadas arenosas permeáveis.

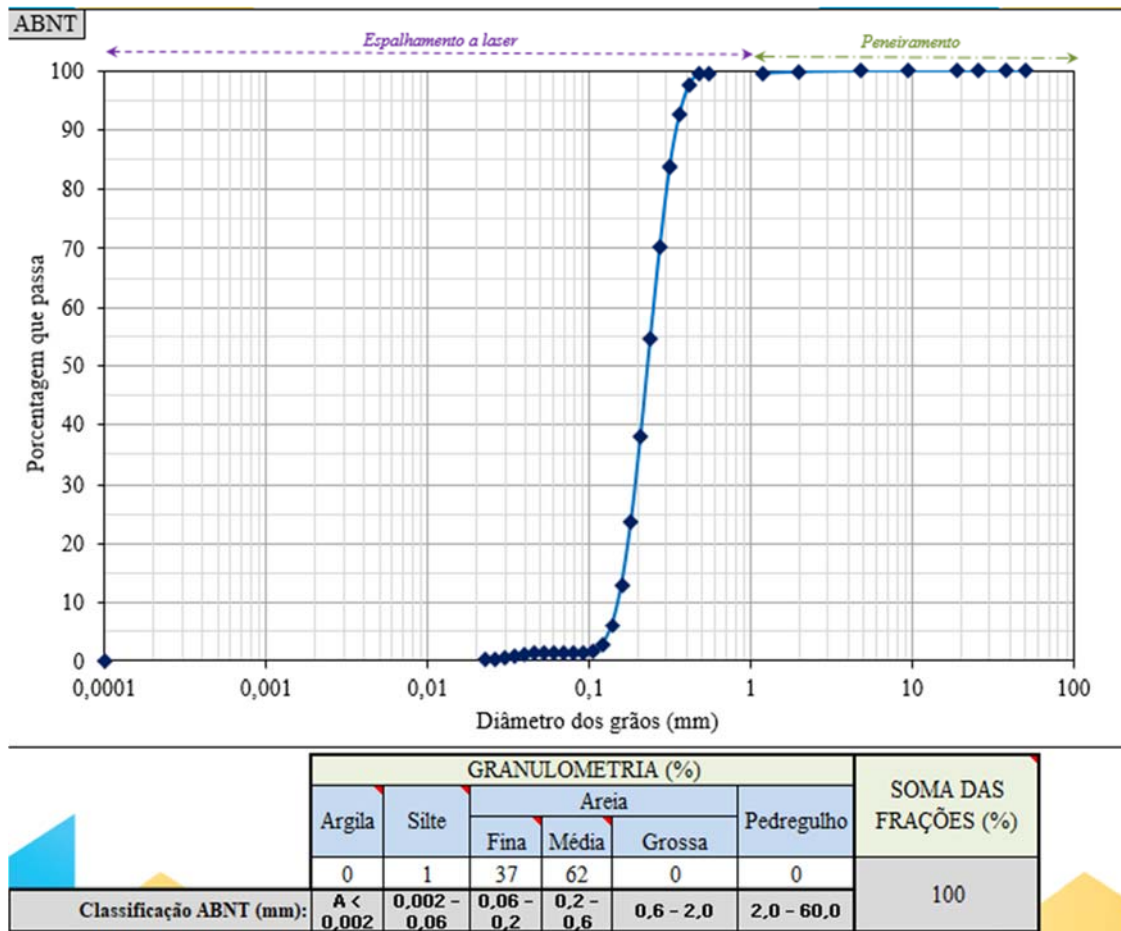


Figura 10 – Gráfico da granulometria da amostra SM-050, dados obtidos a partir de espalhamento a laser e ensaio de peneiramento.

Processos Potenciais: Enchente, inundação, erosão de margem fluvial.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Não ocupar esta unidade geotécnica que está contida em Área de Preservação Permanente (Artigo 4º, Lei 12651 de 25 de maio de 2012), portanto, deve ser preservada ou recomposta em caso de degradação da área. Avaliar a recorrência e a magnitude das inundações e eventos extremos. Dadas as características favoráveis à ocupação em determinadas áreas desses terrenos, avaliar a possibilidade de mitigar os efeitos desses eventos por meio de obras de retenção de cheias que melhorem o fluxo e o escoamento dos cursos d'água. Evitar contaminação do lençol freático. As camadas de arenosas têm potencial para fornecer agregado miúdo para a construção civil.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Ensaios de sondagens, SPT, ensaios de permeabilidade e ensaios de laboratório. Realizar estudos para caracterização dos eventos hidrológicos e implantar sistema de monitoramento desses eventos.

6.2.2 UG_Co-T/SR-i – UG Alúvio-Colúvio

Unidade geotécnica formada pela deposição de sedimentos areno-argilosos constituídos por depósito aluvionares, materiais erodidos, retrabalhados, transportados por cursos d'água e depositados nos seus leitos e margens, interdigitados a depósitos coluvionares, materiais soltos transportados pela ação da gravidade (colúvio). Estão distribuídos principalmente na área de expansão Norte e Boca do Monte, na região leste, em pequenos córregos que deságuam de relevos mais elevados (escarpas degradadas, rebordos erosivos e degraus estruturais) no arroio Vacacaí-Mirim (Figuras 11 e 12). O lençol freático pode estar próximo à superfície ou aflorante.



Figura 11 – Córrego na rampa de alúvio-colúvio no ponto de campo número 21.



Figura 12 – Rampa de alúvio-colúvio chegando na planície de inundação no ponto de campo número 26.

Possui relevo plano suave a ondulado, com declividades de até 10°. A probabilidade de ocorrência de movimentos de massa é baixa, passando para moderada em áreas de relevo mais acidentado ou com intervenções antrópicas. Já a probabilidade de inundação é média nas superfícies mais planas e baixa

conforme aumenta a declividade do relevo. E, em eventos de pluviosidade intensa, a porção central-leste pode, eventualmente, ser atingida por enxurradas.

São depósitos heterogêneos e, do ponto de vista geotécnico, esta unidade possui fácil escavabilidade (1ª categoria) e moderada capacidade de suporte. Camadas de cascalho podem, localmente, dificultar a escavabilidade (2ª e/ou 3ª categoria).

Processos Potenciais: Enxurradas, corridas de massa, inundações, erosões fluviais e outros movimentos de massa (induzidos predominam).

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Não ocupar esta unidade geotécnica quando inserida em Área de Preservação Permanente (Artigo 4º, Lei 12651 de 25 de maio de 2012), portanto, deve ser preservada ou recomposta em caso de degradação da área. Evitar contaminação do lençol freático quando raso. Avaliar a recorrência e a magnitude das enxurradas e eventos extremos. Avaliar potencial para fornecimento de areia e cascalho para a construção civil. Implantação de sistema de alerta para eventos pluviométricos extremos.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Sondagens a percussão com SPT e ensaios de permeabilidade. Realizar estudos para caracterização e recorrência dos eventos hidrológicos com implantação de sistema de monitoramento e alertas para eventos extremos.

6.2.3 UG_Co-T/SR-i - UG Colúvio com Tálus Subordinado e substrato de Rochas Sedimentares consolidadas indiviso

Esta unidade ocorre como uma combinação de materiais inconsolidados, proveniente do intemperismo das rochas vulcânicas e sedimentares, capeando o substrato rochoso. Distribuída nas porções abaixo dos relevos de escarpas degradadas, rebordos erosivos e degraus estruturais no lado leste da área 5 (Norte e Boca do Monte). Estes depósitos são formados em declividades moderadas, a partir da acumulação de materiais oriundos das encostas,

resultantes da ação da gravidade e da erosão, através de processos de movimentação de massa.

O perfil de solo coluvionar com tálus possui blocos de pequena a grandes proporções imersos em material fino silicoso. Os blocos possuem formatos variados de subangulosos a angulosos, em alguns pontos predominam os blocos de arenitos e em outros de rochas vulcânicas (Figura 13). Os solos desta unidade são rasos a profundos e apresentam estruturas formadas basicamente por grãos de quartzo e pedregulhos, sendo, portanto, altamente suscetíveis à erosão. No geral, a estrutura é solta, pouco coesa e caótica, além de apresentar características de drenagem regular a ruim.

Em campo, o solo foi caracterizado desde areno-argiloso a argilo-arenoso com coloração marrom avermelhada e presença de fragmentos de rochas de diversos tamanhos (Figura 14). Em laboratório, a amostra desta unidade foi caracterizada como solo fino com uma percentagem elevada de silte (Figura 15).



Figura 13 – Rampa de colúvio com blocos rochosos imersos no ponto de campo número 27.



Figura 14 – Perfil de solo descrito no ponto de campo número 49, retirado amostra para caracterização em laboratório.

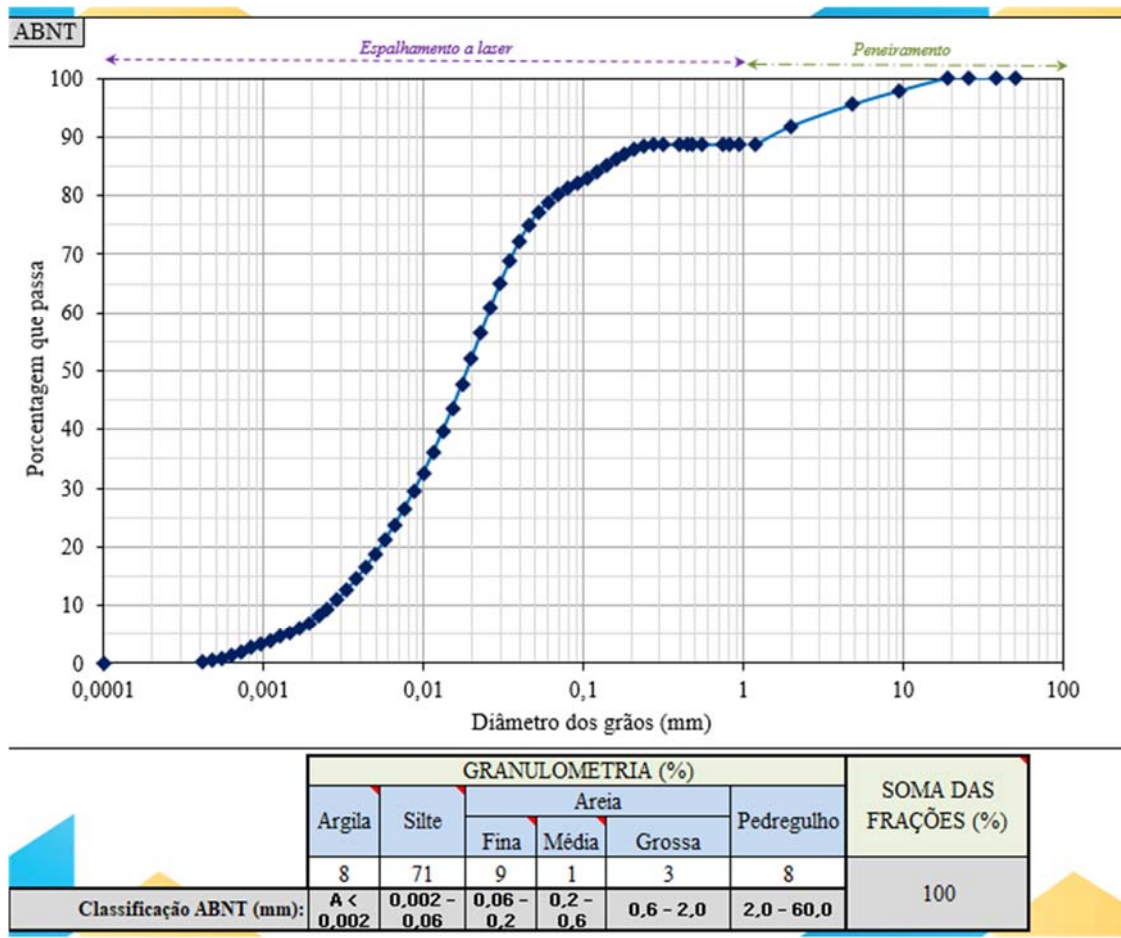


Figura 15 – Gráfico da granulometria da amostra SM-049, dados obtidos a partir de espalhamento a laser e ensaio de peneiramento.

A caracterização desta unidade revelou uma granulometria variada, cuja heterogeneidade do material impõe desafios à escavabilidade. A presença de blocos enterrados pode dificultar a execução de obras destinadas à implantação de fundações, muitas vezes ocultando a real capacidade de suporte do terreno, que pode variar de baixa a elevada. Além disso, a heterogeneidade desses depósitos pode levar a variações nas condições de compactação e drenagem, exigindo estudos detalhados para a viabilização de obras de engenharia.

Processos Potenciais: Deslizamentos, rastejos, queda e rolamentos de blocos.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Impedir a ocupação dessas áreas em função da proximidade com declividades elevadas e instabilidade natural dos taludes, facilmente potencializada por qualquer intervenção, sujeitas a deslizamentos e rolamento/queda de blocos de rocha de

grande porte. A unidade apresenta ainda áreas com suscetibilidade à erosão moderada a alta, com a instalação de sulcos, ravinas e voçorocas nos locais onde a coesão dos solos é baixa.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos e matacões que representem perigo de queda/rolamento. Monitorar processos de rastejo. Investigar, por meio de sondagens e ensaios geotécnicos, a necessidade de obras de contenção. Em caso de aberturas de estradas e rodovias, realizar análise cinemática de movimento nos taludes em que houver exposição de rocha.

6.2.4 UG_Co-SR/SR-i - UG Colúvio/Residual com substrato de Rochas Sedimentares Consolidadas Indiviso

A unidade UG_Co-SR/SR-i ocorre em todas as áreas de expansão de Santa Maria, sendo a principal unidade geotécnica definida. Ocorre predominantemente em formas de relevo de colinas amplas e suaves (relevo predominante neste município, figura 16), e pontualmente em morros baixos ou encostas suaves dos morros altos. Devido à baixa a moderada declividade característica deste relevo, a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa é baixa localmente moderada nas áreas de relevo mais acentuado. Nesta unidade predominam solos dos tipos argissolo vermelho alumínico.

Caracterizada pela ausência de colúvio ou pontualmente existente uma fina camada acima de um solo residual areno-argiloso marrom avermelhado sobre um substrato sedimentar indiviso. Em alguns locais, observou-se horizontes superiores de coloração variegada e/ou mosqueada no perfil de solo, em outros, ocorre a presença de grânulos no horizontes B, e pequenas concreções ferruginosas (laterita). A variabilidade descrita pode ser observada nos perfis de campo descritos e demonstrados nas figuras 17 a 20. O substrato rochoso sedimentar é constituído por intercalações arenosas, siltico-arenosas e argilosas, em alguns pontos predominam fácies areníticas e em outros pelitos característicos das unidades litológicas da formação Santa Maria e Caturrita já descritas na região. Em diversos pontos de campo onde foi descrita esta

unidade, observou-se que o substrato rochoso estava intensamente intemperizado.



Figura 16 – Imagem característica do relevo de colinas amplas e suaves desta unidade no ponto de campo número 12.

Em laboratório observou-se uma variação de granulometria nas cinco amostras coletadas referente a esta unidade, concordante com o descrito nos pontos de campo da unidade, provavelmente pela alternância de camadas de predominância de grãos tamanho areia fina a grossa, lentes/camadas de argilas ou silte. Variando segundo a classificação de SUCs de solo fino (amostras SM-016 e SM-038) a solo grosso (SM-004, SM-005 e SM-014).

Do ponto de vista geotécnico esta unidade possui fácil escavabilidade (1ª categoria), baixa a nula permeabilidade quando compactado devido à presença de maior ou menor quantidade de argila, resistência quando compactada ou saturada de regular a boa e moderada a baixa capacidade de suporte para fundações. Pontualmente, nas porções onde a presença de teores de grãos de

tamanho areia no solo são maiores e na ausência de vegetação rasteira ou presença de plantações de soja, observou-se presença de feições erosivas.



Figura 17 – Perfil de solo descrito no ponto de campo número 2.



Figura 18 – Perfil de solo descrito no ponto de campo número 4.



Figura 19 – Perfil de solo descrito no ponto de campo número 12.



Figura 20 – Perfil de solo descrito no ponto de campo número 38.

Processos Potenciais: Deslizamentos (predominantemente induzidos) e processos erosivos.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Apresenta características geotécnicas favoráveis à ocupação urbana. A suscetibilidade a movimentos de massa desta unidade é baixa, passando a moderada quando seus terrenos forem submetidos a cortes que não considerem os seus fatores de estabilidade. Potencial para extração de areia e argila.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Amostragem para realizar ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes de cortes executados nestas regiões.

6.2.5 UG_Co-SR/SR-ar - UG Colúvio/Residual com substrato de Arenitos consolidados

A unidade geotécnica Colúvio/Residual com Substrato de Arenitos consolidados é encontrada na área Norte e Boca do Monte neste município. Caracterizada por colúvio pouco espesso ou inexistente e solo residual arenoso a areno-siltoso sobre substrato de arenitos de unidades litológicas da Bacia do Paraná. Nesta unidade predomina o neossolo litólico chernossólico. Predomina em relevos de escarpas degradadas, degraus estruturais e rebordos erosivos, verificados em afloramentos de corte de estrada (Figura 21) e em paredões rochosos verticalizados.



Figura 21 – Imagem de afloramento descrito desta unidade no ponto de campo número 09.

Nos paredões rochosos, observam-se famílias de descontinuidades que favorecem a formação de blocos e lascas de rocha. Dependendo da atitude das fraturas, essas descontinuidades podem facilitar o desencadeamento de processos de queda e rolamento de blocos. A suscetibilidade a movimentos de massa nesta unidade geotécnica varia de moderada a alta. Inclusive, foram identificadas cicatrizes de deslizamentos planares recentes ocorridos dentro da área de expansão, conforme demonstrado na figura 22.



Figura 22 – Imagem de cicatriz de deslizamento ocorrido no evento pluviométrico elevado no município em abril/maio de 2024, observado na área de expansão 5 durante as atividades de campo.

Durante o trabalho de campo, no ponto número 9, observou-se que o saprólito da rocha apresentava-se friável, indicando uma escavabilidade de moderada a fácil nos horizontes superiores até atingir o saprólito. Contudo, essa escavabilidade torna-se significativamente mais difícil nas porções em que a rocha se encontra sã. A permeabilidade dessa unidade é excelente, enquanto a sua capacidade de suporte varia de média a alta, tanto nos solos quanto nas camadas rochosas.

Processos Potenciais: Deslizamentos e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Impedir que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros e impedir a ocupação ou estabilizar antes de ocupar as encostas naturalmente instáveis e/ou com blocos de rocha/matacões com perigo de queda/rolamento.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Sondagens a percussão e mistas em áreas com blocos. Mapeamento de blocos com perigo de queda/rolamento. Amostragem para realização de ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes. Instalação de instrumentação para verificar movimentações nos taludes.

6.2.6 UG_Co-SR/De-Ba - UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Básicos

A unidade geotécnica é caracterizada por colúvios pouco espessos ou ausentes, associados a solos residuais argilosos rasos ou, em alguns trechos, inexistentes, assentados diretamente sobre o substrato rochoso composto por derrames vulcânicos básicos da Bacia do Paraná. Esses derrames são predominantemente constituídos por basaltos, cuja coloração varia do cinza-escuro (rocha fresca) ao marrom-avermelhado (rocha alterada), apresentando textura equigranular fina a afanítica (Figuras 23 e 24). Nesta unidade também predomina o neossolo litólico chernossólico.

O relevo típico corresponde a escarpas degradadas, degraus estruturais e rebordos erosivos, muitas vezes formando paredões rochosos verticalizados. O maciço exibe famílias de descontinuidades bem definidas, que favorecem a formação de blocos e lascas de rocha. Dependendo da orientação das fraturas, essas descontinuidades podem desencadear processos gravitacionais, como quedas e rolamentos de blocos (Figuras 25 e 26). Os sopés desses relevos constituem zonas de deposição e atingimento desses materiais rochosos.



Figura 23 – Perfil de solo, colúvio/residual sobre camada alterada de rocha vulcânica básica no ponto de campo número 23.



Figura 24 – Corte de estrada com afloramento de rocha vulcânica básica, maciço intensamente fraturado, no ponto 24.

Considerando as elevadas declividades do terreno — que podem atingir valores negativos em trechos específicos — e a presença de solos rasos ou ausentes, a suscetibilidade a deslizamentos planares é considerada alta. Além disso, o material rochoso apresenta escavabilidade classificada como difícil, enquadrando-se na 3ª categoria, conforme os critérios usuais de avaliação geotécnica.



Figura 25 – Escarpas degradadas, rebordos erosivos e degraus estruturais com paredão rochoso na região norte (área de expansão 5).



Figura 26 – Imagem de pedreira desativada de basalto no distrito Boca do Monte próxima ao limite da área de expansão acima do ponto de campo número 9.

Processos Potenciais: Deslizamentos e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Impedir que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros. Impedir a ocupação ou estabilizar antes de ocupar as encostas naturalmente instáveis e/ou com blocos de rocha/matacões com perigo de queda/rolamento. Potencial para extração de brita para uso na construção civil (principalmente pavimentação e concreto).

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos com perigo de queda/rolamento. Sondagens mistas com avaliação RQD. Amostragem para realizar ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes. Instalação de instrumentação nos taludes.

7. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, as áreas de expansão para o município de Santa Maria–RS, as quais foram objetos deste estudo, possuem características geológico-geotécnicas favoráveis a expansão urbana, principalmente as áreas caracterizadas pela unidade geotécnica Colúvio/Residual com substrato de Rochas Sedimentares Consolidadas Indivisos (UG_Co-SR/SR-i), em relevo de colinas amplas e suaves. Esta unidade possui boa capacidade de suporte, escavabilidade e, praticamente, nula a possibilidade de ocorrências de movimentos de massa. Entretanto, as áreas próximas às encostas dos morros altos e os relevos de escarpas degradadas, com blocos de rochas instáveis, principalmente na área de expansão Norte e Boca do Monte, e as planícies de inundações, devem ser evitadas em função da alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa e/ou processos hidrológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ANTONELLI, T. et al. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: volume 2, versão 1: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Brasília, p. 23, 2021.
- BELLETTINI, A. S.; MENDONÇA, R. R. Cartografia de risco geológico: Santa Maria, RS. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Porto Alegre, 2024.
- 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 [...]. Brasília, 2012.
- DNER-ME. 093: Solos - determinação da densidade real. [S.l.], 1994.
- FERREIRA, C. E. O.; SILVA, D. R. A.; JESUS, D.; CABRAL, D. S.; MENEZES, I. P.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; MORAES, J. M.; CONCEIÇÃO, R. A. C.; ANTONELLI, T. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial: volume 2, versão 2: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Brasília, p. 35, 2025.
- GODOY, M. M. et al. Geologia e recursos minerais da folha Santa Maria SH.22-V-C-IV: estado do Rio Grande do Sul. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Porto Alegre, p. 182, 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pedologia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 7 abr. 2025.
- MENDONÇA, Renato Ribeiro; BELLETTINI, Angela da Silva. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Santa Maria – RS. [Rio de Janeiro]: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2024. 1 mapa, color. Escala 1:90.000.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na Agenda 2030, a qual contém um conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, é um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade,

com a humanidade e com o futuro do planeta. A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel> - ODS-319

ANEXOS

- Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização – (escala 1:10.000).
- Fichas com resultados dos ensaios laboratoriais das amostras de solos coletadas.

