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

Gramado, RS

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL
DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA
2025

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Luís Inácio Lula da Silva
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Ministro de Estado
Alexandre Silveira de Oliveira
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Ana Paula Bitencourt
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
DIRETORIA EXECUTIVA
Diretor-Presidente
Vilmar Medeiros Simões
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Francisco Valdir Silveira
Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial
Alice Silva de Castilho
Diretora de Infraestrutura Geocientífica
Alice Silva de Castilho (Substituta)
Diretor de Administração e Finanças
Vilmar Medeiros Simões (Substituto)
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
Victor Augusto Hilquias Silva ALves

EQUIPE TÉCNICA
Modelagem
Ítalo Prata de Menezes
Execução
Angela da Silva Bellettini
Ítalo Prata de Menezes
Raquel Barros Binotto

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

GRAMADO, RS

AUTORES
Angela da Silva Bellettini
Ítalo Prata de Menezes
Raquel Barros Binotto

Rio Grande do Sul

2026

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 5
RESUMO 6
1 INTRODUÇÃO 2
2 OBJETIVOS 3
3 APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO 3
4 MATERIAIS E MÉTODOS 4
5 DISPONIBILIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 6
5.1 PRODUTOS DISPONIBILIZADOS 6
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 8
5.2.1 Área 1 – A Norte (Mato Queimado, Caracol) e Oeste (Carazal, Aspen) da Área Urbana 10
5.2.2 Área 2 – Bairro Carniel e sul do Mato Queimado, limítrofe ao município de Canela 10
5.2.3 Área 3 – Vale do Quilombo 11
5.2.4 Área 4 – A Sudeste da Área Urbana (Sierra Park) 11
5.2.5 Área 5 – A Sul da Área Urbana (Várzea Grande) 11
5.2.6 Área 6 – A Sudoeste da Área Urbana (Serra Grande) 12
5.3 MATERIAIS UTILIZADOS 12
5.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO 13
6 RESULTADOS 15
6.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES 15
6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS 18
6.2.1 UG_Al-Co – UG Alúvio-Colúvio 19
6.2.2 UG_SR/De-Ac – UG Residual com substrato de Derrames Ácidos 21
6.2.3 UG_Co-SR/De-Ac – UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos ... 26
6.2.4 UG_T-Co/ De-Ac – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Ácidos 29
6.2.5 UG_ T-Co/De-BaIn – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários 33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39
ANEXOS 44

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.

Francisco Valdir Silveira (interino)

Diretor-Presidente

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 Gramado, produzida pelo 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 2026.

São apresentados brevemente a metodologia e os dados utilizados, assim com os resultados da integração entre as informações coletadas em escritório e em campo, além de informações obtidas através 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.

INTRODUÇÃO

1

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 regiões metropolitanas não ocupadas e zonas não ocupadas que caracterizam áreas de expansão a médio e longo prazos.

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 Gramado, realizada no ano de 2026, pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

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
2 cartográficos finais. Dessa forma, nos tópicos seguintes, serão detalhadas informações referentes à área de estudo, dados utilizados, características das unidades mapeadas, ensaios de laboratório, leitura, usos e limitações da carta, além de outras informações pertinentes ao entendimento completo e correto dos produtos.

APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO

3

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 subsidio técnico à municipalidade quanto a 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	Abril/2025	Angela da Silva Bellettini Ítalo Prata de Menezes Raquel Barros Binotto
Campo – Etapa 2	Maio/2025	Angela da Silva Bellettini Ítalo Prata de Menezes Raquel Barros Binotto
Laboratório – Etapa 1	Junho/2025	Nilda Gorethe P. Pantoja (Responsável Técnica / LAMIN – MA)
Laboratório – Etapa 2	Agosto/2025	Daniela Esteves (Acad.Geologia Estag. / LAMESO RJ)

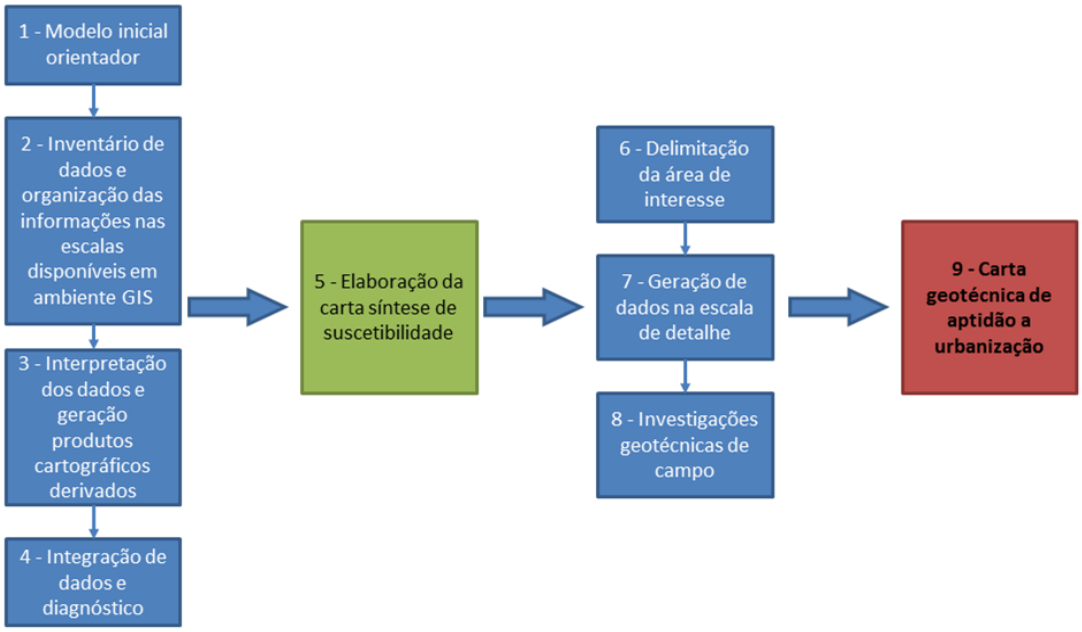
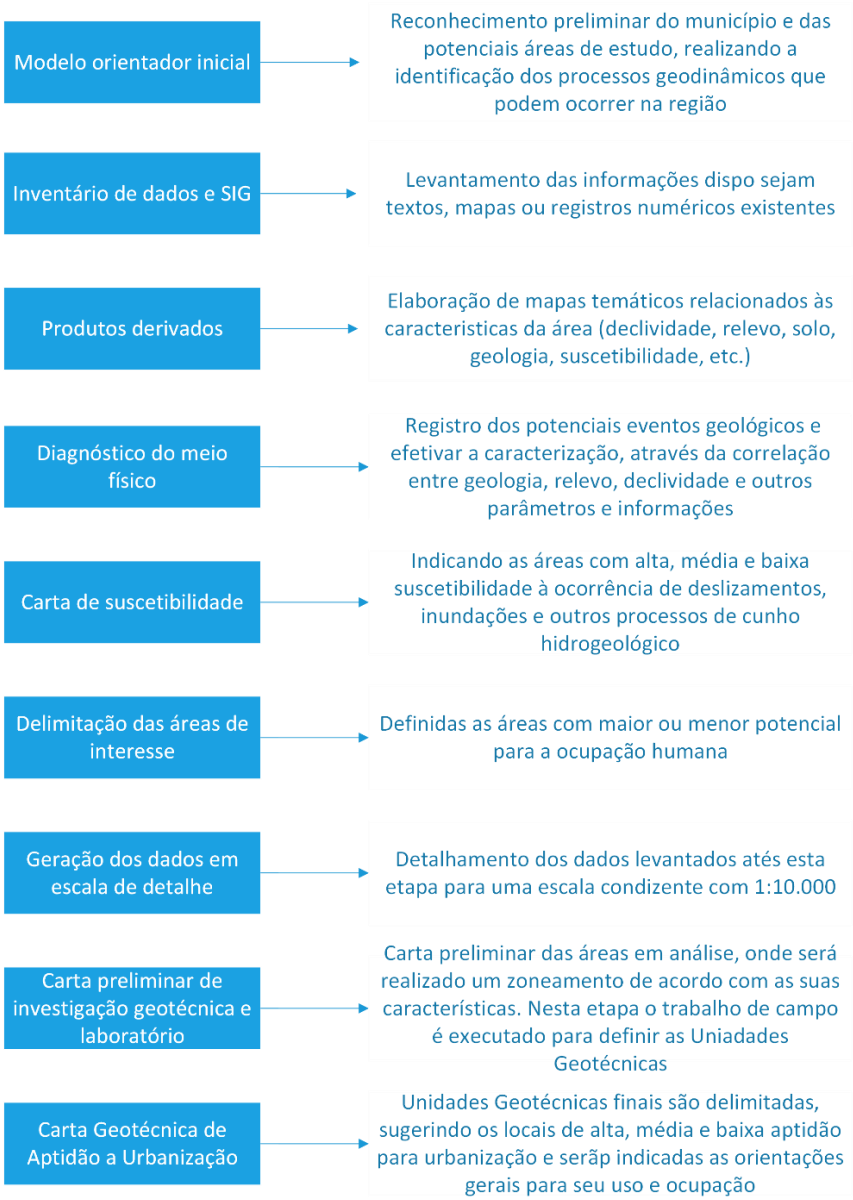


Figura 1 - Fluxo de processos executados durante o trabalho.

A metodologia utilizada durante os trabalhos (Erro! Fonte de referência não e ncontrada.**2**) é apresentada no Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão a Urbanização (ANTONELLI, MENEZES, *et al.*, 2021).

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



5

Figura 2 – Descrição da metodologia aplicada.

DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS

5.1 PRODUTOS DISPONIBILIZADOS

O produto final da **Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Gramado** é composto pelo conteúdo apresentado na **Tabela 2**. O Conteúdo da pasta SIG (Erro! Fonte de referência não encontrada.**3**) é projetado no S istema 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
Carta 4	Documento cartográfico da Área 4
Carta 5	Documento cartográfico da Área 5
Carta 6	Documento cartográfico da Área 6
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 minerária
Restricoes_Ocupacao_A_APP Unidade_de_Conservacao_A	Áreas com algum tipo de restrição legal ou ambiental que não permita ocupação
Unidades_Geotecnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas
Sub pasta Investigações e Coletas	
Amostragem_P	Informações dos materiais coletados em campo
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

A área do projeto, apresentada na **Figura** , foi baseada nas áreas de expansão (vetores de crescimento) fornecidas pela Prefeitura Municipal de Gramado/RS, considerando as áreas das macrozonas 6 (Interface e Amortecimento) e 7 (Industrial). Com a finalidade de refinar os limites das áreas, alguns trechos foram editados para se adequar a escala de trabalho. Foram inseridos, ainda, na **Figura** os setores de risco identificados pelo SGB, contemplados no Projeto Cartografia de Risco Geológico realizado em 2024, para avaliação prévia dos possíveis locais nas áreas de expansão com registros de problemas geológicos/geotécnicos.

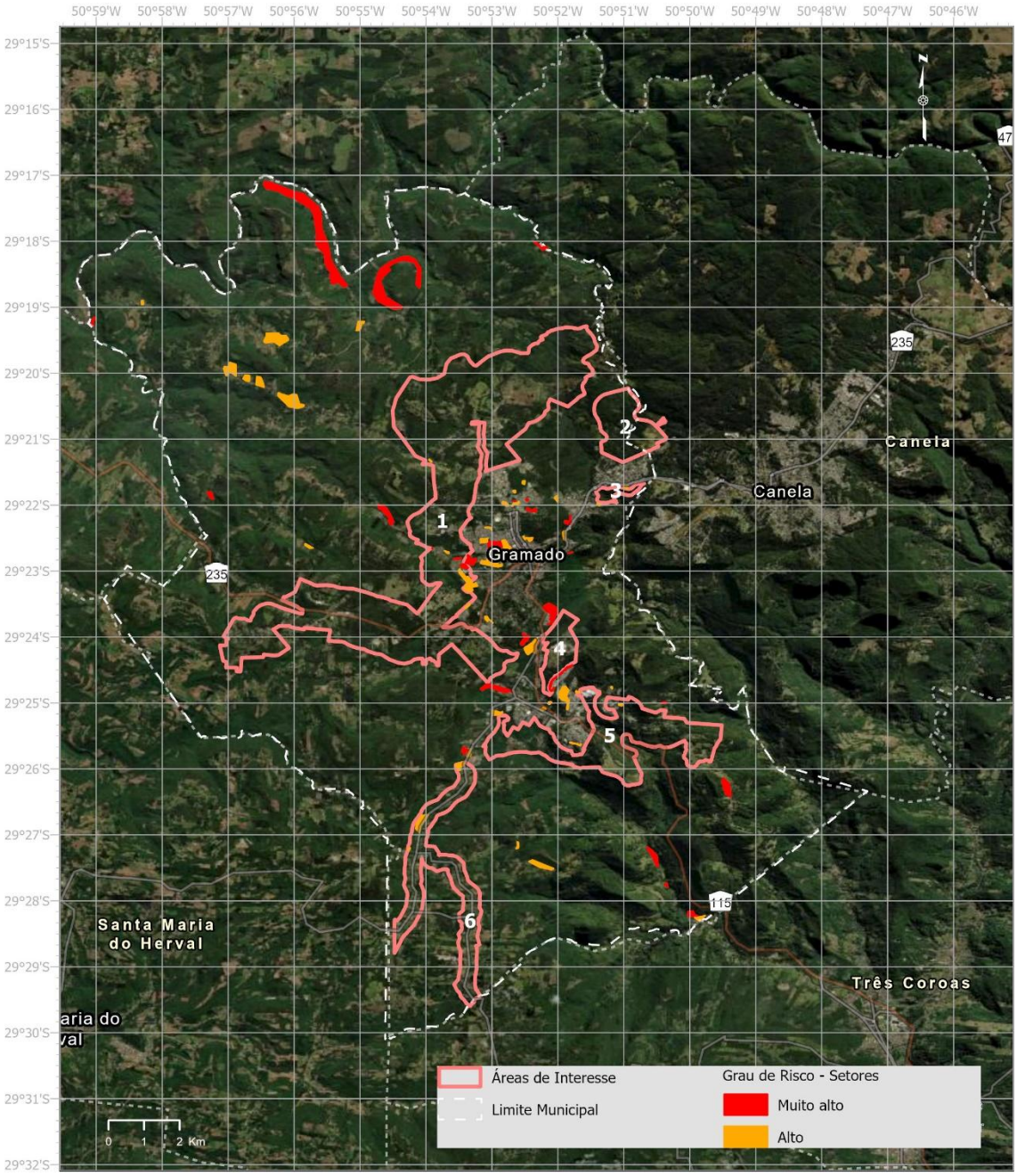


Figura 4 - Mapa de localização e acesso com os setores de risco geológico identificados.

Para melhor entendimento, as áreas de expansão foram numeradas sequencialmente de 1 a 6, conforme **Figura 4**. A área total analisada é de aproximadamente 38,7 km², o que corresponde a 16% 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.

5.2.1 Área 1 – A Norte (Mato Queimado, Caracol) e Oeste (Carazal, Aspen) da Área Urbana

Esta área contempla, em sua porção nordeste, a Zona 6.2 – Nova Centralidade (GRAMADO, 2024a, 2024b, 2024c) e caracteriza-se, na maior parte, por um planalto dissecado nas rochas ácidas da Formação Palmas com relevo plano a suave ondulado e baixas declividades. Nas encostas e vales dos arroios e tributários da rede hidrográfica ocorrem depósitos de tálus e coluvionares de diferentes espessuras, que encobrem total ou parcialmente as unidades geológicas aflorantes. É o caso, por exemplo, na porção central da área, no vale do Arroio Forqueta, das Rampas de Alúvio-Colúvio em Escarpas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos.

Queda de blocos de rocha e deslizamentos são os principais movimentos de massa que podem ocorrer nesta área, observando-se cicatrizes de deslizamentos já ocorridos em determinados locais bem como a presença de blocos e/ou matacões.

No Plano Setorial Nova Centralidade de Gramado (GRAMADO 2024a, 2024b, 2024c), a porção nordeste da Área 1, limítrofe à APA Corredores de Biodiversidade de Canela com interface também com a Unidade de Conservação do Parque dos Pinheiros, é considerada como relevante de conservação.

5.2.2 Área 2 – Bairro Carniel e sul do Mato Queimado, limítrofe ao município de Canela

Esta área caracteriza-se, da mesma forma que grande parte da Área 1, por um planalto dissecado nas rochas ácidas da Formação Palmas com relevo plano a suave ondulado e baixas declividades. Afloram as rochas efusivas ácidas da Formação Palmas, como riodacitos e riolitos, com pequena espessura de solo residual e rocha visível nos cortes de estrada e perfis, a exemplo da Área 1, acima descrita.

No Plano Setorial Nova Centralidade de Gramado (GRAMADO, 2024a, 2024b, 2024c), esta área também é considerada como relevante de conservação, possuindo remanescentes de Mata Atlântica no Vale Parque dos Pinheiros, sendo limítrofe à APA Corredores de Biodiversidade de Canela.

5.2.3 Área 3 – Vale do Quilombo

No Vale do Quilombo, esta área caracteriza-se por Escarpas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos nas rochas ácidas da Formação Palmas, com vertentes declivosas vegetadas de média a alta suscetibilidade. Setores de risco geológico foram mapeados no entorno da área (RS_GRAMADO_SR_031_SGB e RS_GRAMADO_SR_042_SGB), observando-se cicatrizes de deslizamentos nas encostas.

No Plano Setorial Nova Centralidade de Gramado (GRAMADO, 2024a, 2024b, 2024c), esta área também é considerada como relevante de conservação, possuindo remanescentes de Mata Atlântica.

5.2.4 Área 4 – A Sudeste da Área Urbana (Sierra Park)

Esta área caracteriza-se, da mesma forma que grande parte das Áreas 1 e 2, por um planalto dissecado nas rochas ácidas da Formação Palmas com relevo plano a suave ondulado e baixas declividades. Entretanto, na porção sul desta área, em direção ao Vale do Quilombo, ocorrem Escarpas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, com declividades acentuadas e setores de risco geológico mapeados no entorno da área (RS_GRAMADO_SR_016_SGB, RS_GRAMADO_SR_017_SGB, RS_GRAMADO_SR_018_SGB e RS_GRAMADO_SR_019_SGB), observando-se cicatrizes de deslizamentos nas encostas.

5.2.5 Área 5 – A Sul da Área Urbana (Várzea Grande)

Esta área caracteriza-se por relevo ondulado a fortemente ondulado, altas declividades, de patamares litoestruturais e vales encaixados, com cotas mais baixas (~700-400m) em relação ao planalto, e predomínio de rochas intermediárias (andesitos) da Formação Vale do Sol. Nos vales dos cursos de água, normalmente em cotas abaixo de ~450m, afloram as rochas básicas (basaltos) da Formação Gramado.

No entorno desta área foram mapeados setores de risco geológico com risco a deslizamentos e queda de blocos. Na porção norte, o setor RS_GRAMADO_SR_022_SGB está incluído nesta área, mapeado como risco a rastejo.

A porção leste desta área é contígua ao Vale do Quilombo, de interesse ambiental, com remanescentes localizados da Mata Atlântica.

5.2.6 Área 6 – A Sudoeste da Área Urbana (Serra Grande)

Patamares litoestruturais em rochas ácidas da Formação Palmas predominam nesta área, relevo plano a suavemente ondulado, com colinas e morros altos ocorrendo de forma localizada. Rampas de alúvio/colúvio também ocorrem na porção oeste da área, na base da escarpa.

O formato estreito desta área, alongado na direção norte-sul, com ocupação residencial já instalada, permite pouca expansão urbana. Três setores de risco geológico a deslizamentos e quedas de blocos estão inseridos nesta área (RS_GRAMADO_SR_024_SGB, RS_GRAMADO_SR_059_SGB e RS_GRAMADO_SR_060_SGB).

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;
- Mapa geológico da Bacia do Paraná (HORN *et al.*, 2022) na escala de apresentação 1:1.000.000, com mapeamento compatível com a escala 1:100.000;
- 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);

- Dados de descrição de perfis e sondagens e base de dados fornecidos pela prefeitura municipal.

Vale ressaltar que os dados topográficos utilizados para gerar as modelagens, mapas de declividade, hipsométrico e relevo, foram fornecidos pela Prefeitura de Gramado/RS no formato de curvas de nível. Estes dados foram posteriormente transformados em um modelo digital de elevação (MDE) que serviram de base, já na escala adequada, para as avaliações necessárias para o presente estudo.

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 03 amostras de campo. Estas amostras foram analisadas em paralelo no Laboratório de Análise Mineral (Lamin/AM) e no Laboratório de Mecânica dos Solos (Lameso/RJ), ambos do Serviço Geológico do Brasil (Tabela 1).

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 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde são mostrados os tipos de e nsaio aos quais as amostras foram submetidas e as respectivas normas de procedimentos técnicos seguidos.

Tabela 3 - Ensaios executados em laboratório.

Ensaio	Norma
Umidade higroscópica	Norma 6457 (ABNT, 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, 2016)
Limites de Atterberg (limite de liquidez - LL e limite de plasticidade - LP)	LL: Norma 6459 (ABNT, 2016) LP: Norma 7180 (ABNT, 2016)

Através dos ensaios das amostras (**Erro! Fonte de referência não e ncontrada.**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.



Figura 5 – Amostras ensaiadas nos laboratórios: (A) CGT-RS-GRAMADO-03, (B) CGT-RS-GRAMADO-011, (C) CGT-RS-GRAMADO-025 e (D) Ensaio da 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, o relevo, o grau de perigo 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 Gramado 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 da Figura 6.

Para a classificação das áreas de aptidão, utilizou-se inicialmente a Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundação de Gramado (BELLETTINI, MENDONÇA, 2024), na escala 1:25.000. A partir dessa base, foram realizadas análises e as adaptações necessárias para ajustar a escala do mapeamento para 1:10.000. Cada classe de suscetibilidade foi então reavaliada e enquadrada 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.

Somado às classes de movimentos de massa, a aptidão a urbanização também foi determinada a partir das respectivas unidades geotécnicas em que cada área está inserida. Caso a área de expansão possua uma unidade que apresente alguma característica que constitua um problema geotécnico, a mesma foi devidamente analisada e reclassificada para o grau de aptidão que melhor representa o local analisado. Regiões compostas por depósitos inconsolidados, como colúvios, talús e materiais correlatos, tiveram sua classe de aptidão ajustada, em função da fragilidade geomecânica do substrato.

Para identificar as áreas com alta propensão a ocorrência de processos de inundação, e consequentemente classifica-las como de baixa aptidão à urbanização foi utilizada a modelagem de suscetibilidade de inundação (CONCEIÇÃO e SIMÕES 2021), além das formas de relevo sujeitas à inundação mapeadas pela carta de padrões de relevo, de acordo com a metodologia de (DANTAS, et al. 2024). As classes de aptidão são apresentadas na Tabela 4.

Além disso, foi utilizado também a modelagem de perigo, que tem como intuito identificar áreas propensas a movimentos gravitacionais de massa e o alcance de suas respectivas áreas de atingimento. As diretrizes para a elaboração deste produto podem ser consultadas no Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa (PIMENTEL, et al., 2018). Segundo os critérios de classificação do perigo, as áreas de atingimento críticas foram classificadas como de baixa aptidão a urbanização, e as áreas de dispersão dos movimentos de massa foram classificados como de média aptidão.

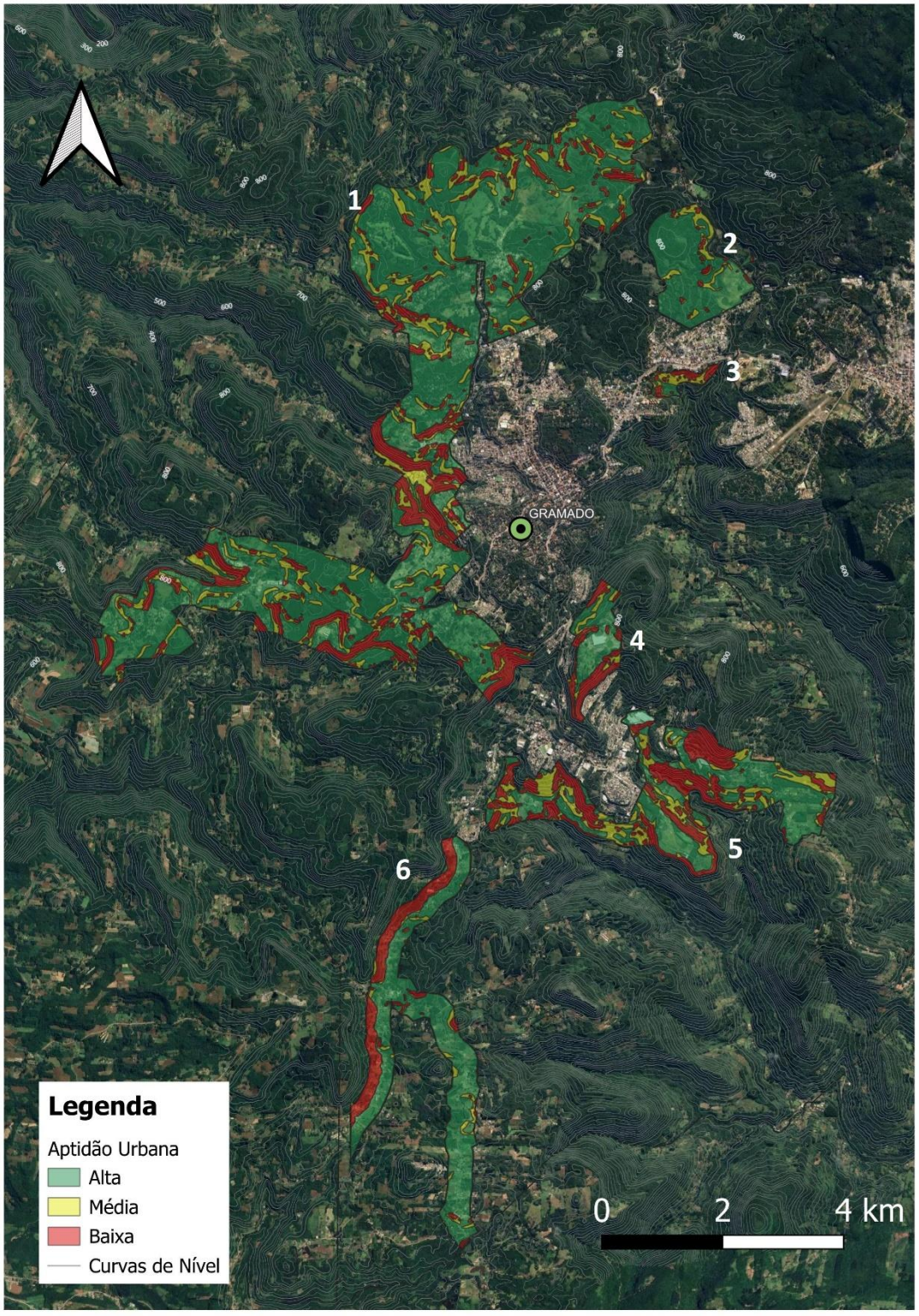


Figura 6 – Classes de aptidão a urbanização reconhecidas e classificadas nas áreas de expansão de Gramado/RS.

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

No total, as áreas indicadas como sendo de expansão para o munícipio de Gramado/RS estão distribuídas em aproximadamente 38,7 km^2. Destes, 67% foi classificado como de alta aptidão a urbanização, 14% como de média aptidão e 19% como de baixa aptidão. Um resumo do total e individualizado por cada região pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição da aptidão a urbanização segundo cada área de expansão.

	Aptidão						Área Total
	Alta		Média		Baixa		
	Área (km^2)	%	Área (km^2)	%	Área (km^2)	%	
Área 1	17,47	70,4	3,48	14,0	3,86	15,6	24,81 km^2
Área 2	1,87	86,5	0,21	9,6	0,08	3,9	2,16 km^2
Área 3	0,06	21,49	0,10	35,92	0,12	42,59	0,29 km^2
Área 4	0,65	55,5	0,12	10,6	0,39	33,9	1,16 km^2
Área 5	2,81	46,63	1,19	19,78	2,02	33,58	6,02 km^2
Área 6	3,12	72,5	0,19	4,4	0,99	23,1	4,30 km^2

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 cinco (05) 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-Co – 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 1, em pequenos córregos que deságuam de relevos mais elevados (escarpas degradadas, rebordos erosivos e degraus estruturais), como no Arroio Forqueta (Figura 7). O lençol freático pode estar próximo à superfície ou aflorante.



Figura 7 – Rampa de alúvio-colúvio na Área 1, no vale do Arroio Forqueta.

Apresentam suscetibilidade média a alta a movimentos de massa e a enxurrada/inundação no fundo dos vales dos arroios.

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

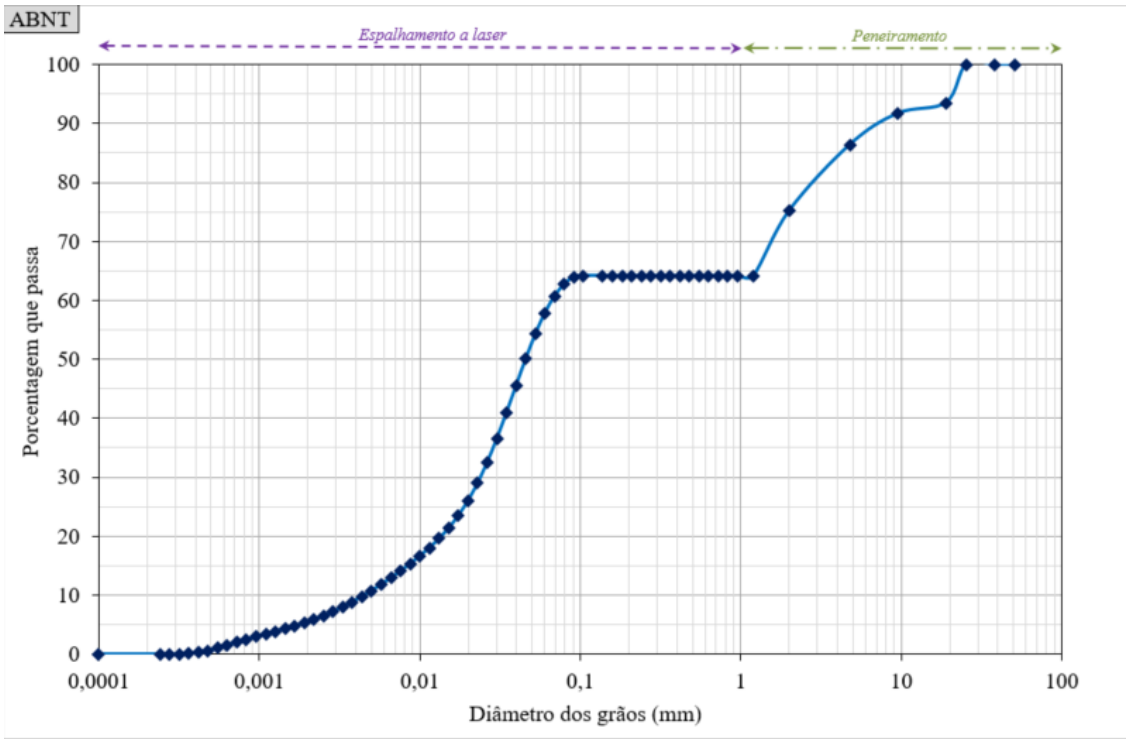
Processos Potenciais: Deslizamento, rastejo, enxurrada, inundação, erosão de margem fluvial.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Atentar para as áreas de preservação permanente (Lei 12.651/2012 com as modificações da Lei 12.727/2012 Seção I - Da delimitação das áreas de Preservação Permanente) delimitadas nesta unidade geotécnica e consequente não ocupação. Evitar ocupações que desestabilizem as encostas com cortes/aterros. Monitorar possíveis processos de rastejo e deslizamento. Evitar contaminação do lençol freático. Avaliar a recorrência e a magnitude das inundações e eventos extremos e a possibilidade de implantação de medidas estruturais. Avaliar potencial para fornecimento de areia e cascalho para a construção civil.

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.

6.2.2 UG_SR/De-Ac – UG Residual com substrato de Derrames Ácidos

Unidade geotécnica caracterizada por solos residuais rasos sobrepostos às rochas ácidas da Formação Palmas (riodacitos, riolitos, etc.). A distribuição desta unidade ocorre no planalto dissecado nas áreas 1, 2 e 4, com horizontes de solo de matriz fina com predominância de grãos tamanho silte (Figura 8), pouco espessos e rocha visível em cortes de estrada (figuras 9, 10 e 11) e em escavações de pequena profundidade (Figura 12). De acordo com os ensaios realizados para caracterizar esta unidade, verifica-se baixa presença de argila, o que confere ao solo comportamento não plástico. Em condições de saturação, o solo apresenta perda significativa e rápida de resistência, o que o torna suscetível a instabilidades geotécnicas, tais como processos erosivos e movimentos de rastejo.



	GRANULOMETRIA (%)						SOMA DAS FRAÇÕES (%)
	Argila	Silte	Areia			Pedregulho	
			Fina	Média	Grossa		
	6	52	6	0	11	25	100
Classificação ABNT (mm):	A < 0,002	0,002 – 0,06	0,06 – 0,2	0,2 – 0,6	0,6 – 2,0	2,0 – 60,0	

Figura 8 – Gráfico da granulometria da amostra CGT-RS-GRAMADO-03, referente a unidade geotécnica apresentada com os dados obtidos a partir de espalhamento a laser e ensaio de peneiramento.



Figura 9 – Corte de estrada na Área 1, UG Residual com substrato de Derrames Ácidos, observando-se a rocha exposta fraturada, com horizontes laterais mais alterados.



Figura 10 – Talude exposto na Área 1, UG Residual com substrato de Derrames Ácidos, observando-se a pequena espessura de solo residual, a presença de blocos e da rocha exposta.



Figura 11 – Talude exposto na Área 1, UG Residual com substrato de Derrames Ácidos, observando-se a pequena espessura de solo residual e a rocha exposta fraturada.



Figura 12 – Talude exposto quando da abertura de escavação de obra da Avenida Perimetral de Gramado, UG Residual com substrato de Derrames Ácidos, observando-se uma camada pouco espessa de solo e uma transição abrupta para a rocha sã (Fonte: BSE ENGENHARIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL LTDA., 2024).

Nas descrições dos perfis de sondagens mistas executadas nas investigações geológico-geotécnicas no município de Gramado contratadas pela prefeitura municipal (RW GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA., 2024), a litologia predominante são riodacitos, mesocráticos, com coloração variando de cinza, cinza-amarelado, cinza-amarronzado a marrom-acinzentado, textura hipocristalina, afanítico, granulometria fina, pouco a muito alterado, fragmentado a fraturado, localmente com presença de vesículas e amídalas esbranquiçadas calcíticas esparsas, e veios de sílica.

Nos perfis observados em campo foram identificadas variações verticais e laterais, a depender do grau de fraturamento do riodacito/riolito (disjunções colunares) e da presença de horizontes vesiculares e/ou vítreos (Figura 9), resultando em um comportamento geotécnico variável da rocha sã e da rocha alterada. São frequentes as disjunções esferoidais (Figura 13) e a presença de blocos (Figura 10).



Figura 13 – Talude exposto na Área 2, UG Residual com substrato de Derrames Ácidos, observando-se as disjunções esferoidais.

Em geral, a suscetibilidade é baixa a média a movimentos de massa nesta unidade.

A rocha sã oferece excelente suporte mecânico com alta resistência (> 80–100 MPa), porosidade e permeabilidade muito baixa a baixa e escavabilidade classificada como difícil, enquadrando-se na 3ª categoria, conforme os critérios usuais de avaliação geotécnica. Dependendo do grau de fraturamento e alteração da rocha, o comportamento geotécnico muda, com redução da resistência (baixa), aumento da permeabilidade (alta, em zonas fraturadas) e da instabilidade (por excessivo fraturamento) e redução significativa de resistência devido a intemperismo, exigindo cuidados específicos em obras de infraestrutura, escavações e estabilização de taludes.

Processos Potenciais: Deslizamentos, rastejo e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Atentar para as áreas de preservação permanente (Lei 12.651/2012 com as modificações da Lei 12.727/2012 Seção I - Da delimitação das áreas de Preservação Permanente)

delimitadas nesta unidade geotécnica e consequente não ocupação. Nesta unidade, na Área 1, está situada a Reserva Particular do Patrimônio Natural O Bosque, devendo-se atentar para a regulamentação legal pertinente na RPPN e entorno. Evitar que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros. Monitorar possíveis processos de rastejo e deslizamento. Avaliar potencial para extração de brita (rocha sã) 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. Mapeamento de fraturas. Execução de ensaios de laboratório (compressão simples, absorção, alterabilidade). Avaliação de ensaios SPT ou sondagens rotativas com testemunhos.

6.2.3 UG_Co-SR/De-Ac – UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos

Unidade geotécnica caracterizada por colúvios de espessura incipiente associados a solos residuais rasos assentados diretamente sobre o substrato rochoso composto por rochas ácidas da Formação Palmas (riodacitos, riolitos, etc.) (figuras 14 a 17). A distribuição desta unidade ocorre nos patamares litoestruturais nas áreas 5 e 6.



Figura 14 – Relevo suave a ondulado característico da UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos na Área 6.



Figura 15 – Relevo de colinas sob patamar liestrutural, na base da colina observa-se blocos, UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos.



Figura 16 – Corte de estrada na Área 5, observando-se o perfil característico da UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos.



Figura 17 – Corte de estrada na Área 5, observando-se a transição do colúvio para o solo residual e rocha na UG Colúvio/Residual com substrato de Derrames Ácidos.

A capacidade de suporte varia de baixa (colúvio) a média/alta (solo residual). A escavabilidade é boa (1ª categoria) nos colúvios, passando a moderada (2ª categoria) nos solos residuais a difícil (3ª categoria) nos blocos rochosos. A suscetibilidade a movimentos de massa varia de baixa a moderada, podendo ocorrer localmente quedas e rolamentos de blocos.

Processos Potenciais: Deslizamentos (induzido), rastejo e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Atentar para as áreas de preservação permanente (Lei 12.651/2012 com as modificações da Lei 12.727/2012 Seção I - Da delimitação das áreas de Preservação Permanente) delimitadas nesta unidade geotécnica e consequente não ocupação. Evitar que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros. Evitar a ocupação ou estabilizar antes de ocupar as encostas naturalmente instáveis e/ou com blocos de rocha com perigo de queda/rolamento. Monitorar possíveis processos de rastejo e deslizamento. Potencial, na rocha sã, 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.

6.2.4 UG_ T-Co/ De-Ac – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Ácidos

Unidade geotécnica caracterizada por depósitos instáveis transportados e depositados no sopé das encostas constituídos por materiais incoerentes, heterogêneos e muito mal selecionados, variando desde blocos de rocha até as frações finas de silte e argila provenientes da atuação de processos de intemperismo, erosão e ação da gravidade sobre as rochas ácidas da Formação Palmas (riodacitos, riolitos, etc.) (figuras 18 a 20). Esta unidade está distribuída em todas as áreas mapeadas, com exceção da área 2, nas rampas de colúvio/tálus, nas escarpas degradadas, rebordos erosivos, degraus estruturais e no sopé de morros.



Figura 18 – Rampa de tálus/colúvio com blocos e matacões na Área 6, em substrato de Derrames Ácidos.



Figura 19 – Vista parcial da Área 3, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Ácidos, observando-se as vertentes declivosas com média a alta suscetibilidade e a ocupação no topo da escarpa.



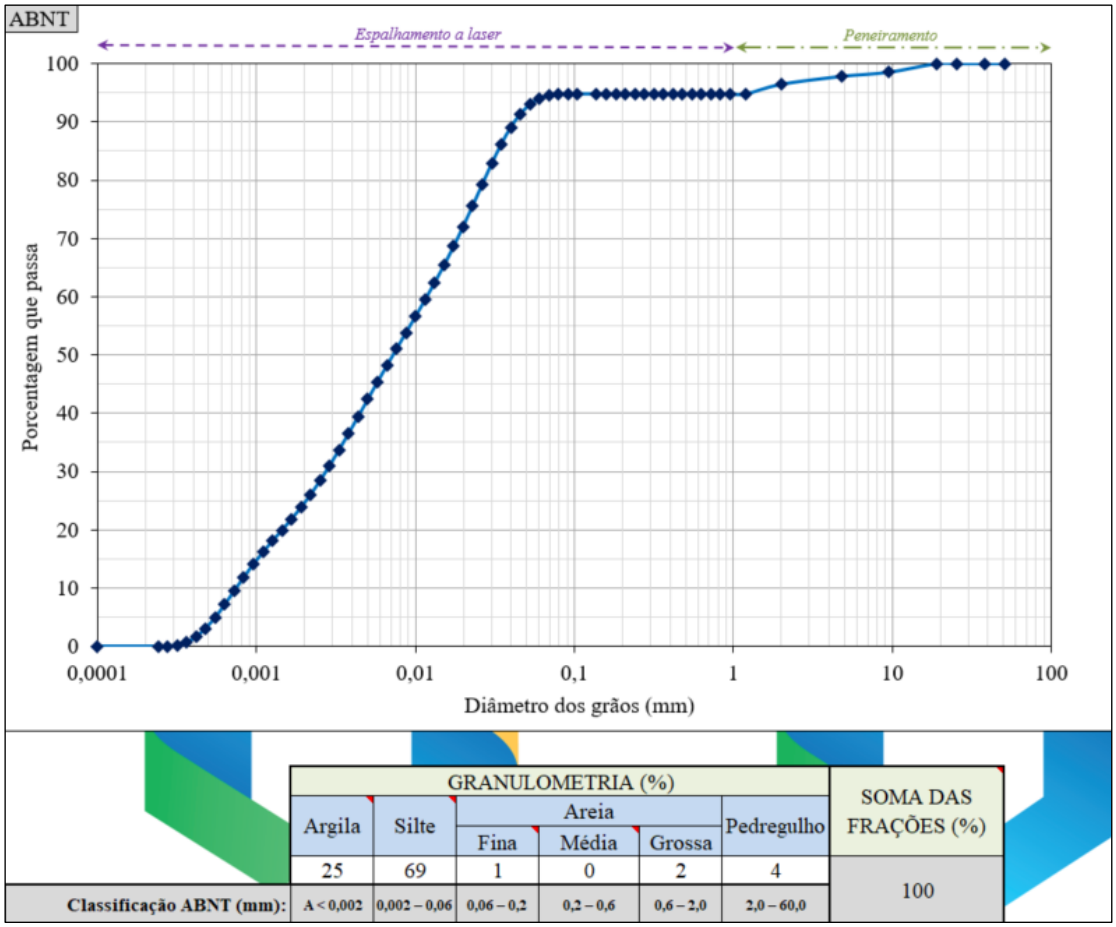
Figura 20 – Vista parcial da Área 3, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Ácidos, observando-se as vertentes declivosas com média a alta suscetibilidade. Ao

fundo, setor de risco geológico RS_GRAMADO_SR_042_SGB (BINOTTO & MENDONÇA, 2024), com obras de contenção no talude da encosta ocupada.



Figura 21 – Detalhe de uma parte da Área 3, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Ácidos, observando-se ocupações localizadas na crista de encosta natural de alto aclive, no setor de risco geológico RS_GRAMADO_SR_031_SGB, com indícios de processo de rastejo já instalado no local. (Fonte: BINOTTO & MENDONÇA, 2024)

Os solos coluvionares (rampas de colúvio) ou depósitos de tálus observados em campo de forma mais contínua e com maior espessura nesta unidade apresentam presença relativamente mais frequente de argila em sua composição. Esse aspecto é corroborado pela análise da amostra de colúvio coletada nas proximidades do ponto de campo 11, com teor de argila ligeiramente superior ao das demais unidades amostradas, embora ainda com predomínio de silte (Figura 21). A amostra CGT-RS-GRAMADO-011 foi ensaiada e, conforme os resultados obtidos, apresenta índice de plasticidade em torno de nove e baixo índice de atividade das argilas. Assim, esta unidade evidencia reduzida coesão entre partículas, em razão da heterogeneidade granulométrica e da maior proporção de silte na fração fina (matriz) do tálus/colúvio.



	GRANULOMETRIA (%)						SOMA DAS FRAÇÕES (%)
	Argila	Silte	Areia			Pedregulho	
			Fina	Média	Grossa		
	25	69	1	0	2	4	100
Classificação ABNT (mm):	A < 0,002	0,002 – 0,06	0,06 – 0,2	0,2 – 0,6	0,6 – 2,0	2,0 – 60,0	

Figura 21 – Gráfico da granulometria da amostra CGT-RS-GRAMADO-11, referente a unidade geotécnica apresentada com os dados obtidos a partir de espalhamento a laser e ensaio de peneiramento.

A capacidade de suporte desta unidade geotécnica pode ser mascarada pelos blocos de rocha. A heterogeneidade destes terrenos dificulta as escavações por conterem materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias juntos. O potencial para a ocorrência de movimentos de massa é alto pela baixa coesão dos materiais, sendo altamente desfavorável a cortes e aterros.

Processos Potenciais: Deslizamentos, rastejo e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Atentar para as áreas de preservação permanente (Lei 12.651/2012 com as modificações da Lei 12.727/2012 Seção I - Da delimitação das áreas de Preservação Permanente) delimitadas nesta unidade geotécnica e consequente não ocupação. Evitar que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros. Preferencialmente, evitar a ocupação dos locais mais declivosos e com forte

potencial de instabilidade natural dos taludes por qualquer intervenção, sujeitas a deslizamentos e rolamento/queda de blocos de rocha de grande porte.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos e matacões/ninhos de blocos e matacões que representem perigo de queda/rolamento. Monitorar possíveis processos de rastejo e deslizamento. Investigar por meio de sondagens e ensaios geotécnicos a necessidade de obras de contenção.

6.2.5 UG_ T-Co/De-BaIn – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários

A unidade geotécnica identificada nos vales encaixados da área 5 (Figura 24) é marcada pela presença incipiente de solos coluvionares em contato com rocha pouco alterada, de caráter maciço ou pouco fraturado. Nas porções médias a inferiores desses vales predominam depósitos de tálus, acompanhados por colúvio subordinado. De modo geral, trata-se de uma unidade instável, formada por materiais incoerentes, heterogêneos e muito mal selecionados, variando desde blocos de rocha até frações finas de silte e argila, originadas pela ação combinada de intemperismo, erosão e processos gravitacionais (figuras 21 e 22).

Esta unidade apresenta características semelhantes à UG_T-Co/De-AC, descrita anteriormente; contudo, diferencia-se pela natureza do substrato rochoso, constituído por litotipos intermediários (andesitos) e básicos (basaltos) das Formações Vale do Sol e Torres (Figura 23).

A análise da amostra CGT-RS-GRAMADO-025, coletada em um perfil de beira de estrada situado na porção superior da vertente do vale encaixado, evidencia a presença significativa de frações de areia grossa e pedregulho em comparação às demais amostras, além de grãos das frações finas de silte e argila (Figura 25). Esse resultado confirma as observações realizadas em campo e registradas nas figuras apresentadas.



Figura 21 – Corte de estrada na Área 5, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários, observando-se a presença de muitos blocos de rocha de dimensões diversas imersos em matriz silto-argilosa.



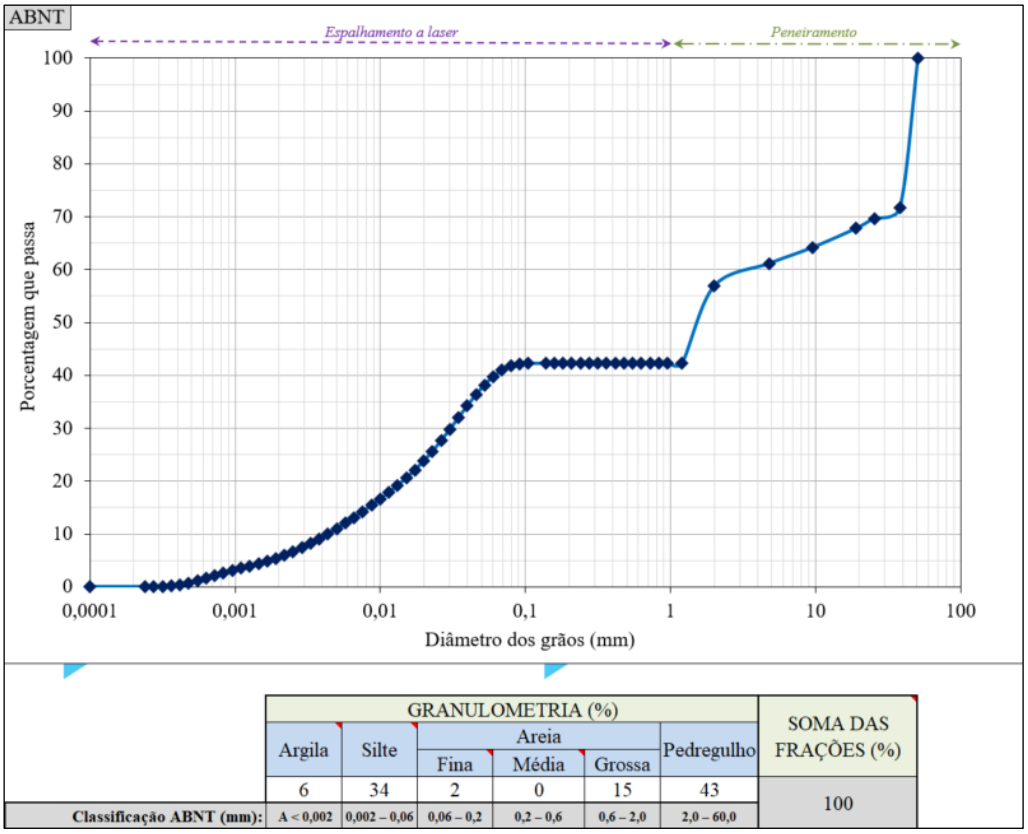
Figura 22 – Corte de estrada na Área 5, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários, observando-se a presença de muitos blocos de rocha de dimensões diversas imersos em matriz silto-argilosa e porções de rocha alterada.



Figura 23 – Corte de estrada na Área 5, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários, observando-se solos coluvionar e residual de substrato rochoso de derrames intermediários a básicos.



Figura 24 – Vista geral das encostas vegetadas de vale encaixado na Área 5, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários, com média a alta suscetibilidade a movimentos de massa.



	GRANULOMETRIA (%)						SOMA DAS FRAÇÕES (%)
	Argila	Silte	Areia			Pedregulho	
			Fina	Média	Grossa		
	6	34	2	0	15	43	100
Classificação ABNT (mm):	A < 0,002	0,002 – 0,06	0,06 – 0,2	0,2 – 0,6	0,6 – 2,0	2,0 – 60,0	

Figura 25 – Gráfico da granulometria da amostra CGT-RS-GRAMADO-25, referente a unidade getécnica apresentada com os dados obtidos a partir de espalhamento a laser e ensaio de peneiramento.

A capacidade de suporte desta unidade geotécnica pode ser mascarada pelos blocos de rocha. A heterogeneidade destes terrenos dificulta as escavações por conterem materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias juntos. O potencial para a ocorrência de movimentos de massa é alto (Figura 26) pela baixa coesão dos materiais, sendo altamente desfavorável a cortes e aterros. Desta forma, não recomenda-se a abertura de áreas de empréstimo nas rochas desta unidade, apesar dos andesitos e basaltos apresentarem um risco geotécnico baixo a moderado em rochas sãs, com fraturamento baixo a moderado e aspecto maciço, no geral.



Figura 26 – Detalhe de cicatriz de deslizamento em encosta vegetada de vale encaixado na Área 5, UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Derrames Básicos a Intermediários, com alta suscetibilidade a movimentos de massa.

Processos Potenciais: Deslizamentos, rastejo e queda/rolamento de bloco.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Atentar para as áreas de preservação permanente (Lei 12.651/2012 com as modificações da Lei 12.727/2012 Seção I - Da delimitação das áreas de Preservação Permanente) delimitadas nesta unidade geotécnica e consequente não ocupação. Evitar que os taludes naturais estáveis sejam desestabilizados com cortes/aterros. Preferencialmente, evitar a ocupação dos locais mais declivosos e com forte potencial de instabilidade natural dos taludes por qualquer intervenção, sujeitas a deslizamentos e rolamento/queda de blocos de rocha de grande porte.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos e matacões/ninhos de blocos e matacões que representem perigo de queda/rolamento. Monitorar possíveis processos de rastejo e deslizamento. Investigar por meio de sondagens e ensaios geotécnicos a necessidade de obras de contenção.

7 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, as áreas de expansão analisadas para o município de Gramado–RS apresentam características geológico-geotécnicas distintas, que influenciam diretamente a viabilidade da ocupação urbana.

A porção norte da Área 1 e a totalidade da Área 2, onde ocorre a unidade geotécnica UG_SR/De-Ac, foram consideradas as mais favoráveis à expansão urbana, em consonância com os usos propostos para a Zona 6.2 – Nova Centralidade (GRAMADO, 2024a, 2024b, 2024c). Em contrapartida, a porção sul da Área 1 e a Área 4 apresentam propensão moderada, em razão da presença de unidades geotécnicas menos favoráveis (UG_T-Co/De-Ac e UG_Al-Co) e/ou da existência de setores já densamente ocupados. As Áreas 5 e 6 apresentam trechos com boa favorabilidade, sobretudo nas regiões associadas aos patamares litoestruturais (UG_Co-SR/De-Ac). No entanto, nas demais unidades geotécnicas, a expansão urbana exige a adoção de técnicas adequadas nos locais com declividades acentuadas e/ou depósitos de tálus e rampas de colúvio (UG_T-Co/De-Ac e UG_T-Co/De-BaIn).

Por sua vez, a Área 3 não é indicada para expansão urbana devido às elevadas declividades das vertentes, à ocorrência de depósitos de tálus/colúvio e à presença de indícios de movimentos de massa recentes (UG_ T-Co/ De-Ac e UG_SR/De-Ac). Essa condição evidencia a alta suscetibilidade da área a instabilidades, reforçada pela existência de um setor classificado como área de risco pelo SGB, localizado a oeste.

Em todas as áreas, o uso e ocupação urbana deve atentar para a legislação ambiental vigente em relação a áreas de preservação permanente e unidades de conservação, bem como às recomendações propostas no Plano Setorial Nova Centralidade de Gramado (GRAMADO 2024a, 2024b, 2024c).

Conforme demonstrado ao longo deste documento, o estudo apresenta um panorama das características geológico-geotécnicas das zonas de expansão urbana de Gramado, permitindo a definição de diferentes graus de aptidão à ocupação, tendo sido identificadas:

- áreas de alta aptidão a urbanização, correspondentes a setores sem restrições geotécnicas significativas ou já consolidados do ponto de vista geológico-geotécnico;
- áreas de média aptidão, que apresentam restrições geotécnicas, mas podem ser ocupadas mediante o cumprimento de critérios técnicos e a adoção de diretrizes específicas (consideradas consolidáveis com intervenções estruturantes); e
- áreas de baixa aptidão, marcadas por severas restrições à ocupação ou classificadas como não consolidáveis, nas quais o uso urbano não é recomendado em função do elevado custo de implantação, devendo ser destinados a outros tipos de aproveitamento.

A carta geotécnica do município de Gramado, juntamente com os demais produtos entregues pelo SGB nos últimos anos (suscetibilidade a movimentos de massa e inundação, setorização de risco geológico e perigo geológico) fornece aos municípios orientação ao planejamento do uso e da ocupação do território sob sua jurisdição, indicando as áreas mais favoráveis à expansão urbana e evitando, assim, problemas relacionados ao uso inadequado do meio, e à instalação de novas áreas de risco. Além disso, a base de dados já utilizada na prefeitura municipal e os demais estudos contratados, a exemplo do Plano Setorial Nova Centralidade, e fornecem, à população, um panorama para um ordenamento territorial mais assertivo.

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, Angela da Silva; MENDONÇA, Renato Ribeiro. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Gramado. [Brasília]: Serviço Geológico do Brasil, 2024. 1 mapa, color. Escala 1:40.000.

BINOTTO, Raquel Barros; MENDONÇA, Renato Ribeiro. Cartografia de risco geológico: atualização de mapeamento: Gramado, RS. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil, 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.

BSE ENGENHARIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL LTDA. Relatório de Diagnóstico e Monitoramento – R01: Área de estudo: Piratini Alto e Baixo. Gramado: Prefeitura Municipal de Gramado, 2024. Contratos n.º 481/2023 e 482/2023.

DNER-ME. **093: Solos - determinação da densidade real.** [S.l.]. 1994.

GRAMADO (a). Prefeitura Municipal. Plano Setorial Nova Centralidade — Etapa 1: Base de Dados. Gramado: Fundação Luiz Englert; Prefeitura Municipal de Gramado, 2024. 90 p.

GRAMADO (b). Prefeitura Municipal. Plano Setorial Nova Centralidade – Etapa 2: Diagnóstico. Elaboração: Fundação Luiz Englert. Gramado: Prefeitura Municipal de Gramado, 2024. 129 p.

GRAMADO (c). Prefeitura Municipal. Plano Setorial Nova Centralidade – Etapa 3: Diretrizes Preliminares. Elaboração: Fundação Luiz Englert. Gramado: Prefeitura Municipal de Gramado, 2024. 58 p.

GRAMADO. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado e seus anexos. Prefeitura Municipal, 2022. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-gramado-rs. Acesso em: 15 set. 2025.

HORN, B. L. D.; OLIVEIRA, A. A.; SIMÕES, M. S.; BESSER, M. L.; ARAÚJO, L. L. de. Mapa geológico da Bacia do Paraná. Porto Alegre: SGB-CPRM, 2022. Escala 1:1.000.000. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/ handle/doc/23037. Acesso em: Acesso em: 15 set 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados vetoriais do tema ambiental: pedologia. Mapeamento de Recurso Naturais do Brasil. Brasil, 2023. Escala 1:250.000.

PIMENTEL, Jorge, et al. Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa. Rio de Janeiro: SGB-CPRM, 2018.

RW GEOLOGIA E GEOTECNIA LTDA. *Estudo de terreno – Gramado/RS: investigações geológico-geotécnicas*. São Sebastião do Caí: RW Geologia, 2024. 12 p.

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



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

