

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

Rio Branco do Sul, PR

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2024

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'agostinho

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Melo

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Paulo Afonso Romano (interino)

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Diogo Rodrigues A. da Silva

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

Tiago Antonelli

DIVISÃO DE GESTÃO TERRITORIAL

Maria Adelaide Mansini Maia

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Douglas da Silva Cabral

Modelagem

José Luiz Kepel Filho

Renato Ribeiro Mendonça

Execução

José Luiz Kepel Filho

Larissa Flávia Montandon Silva

Renato Ribeiro Mendonça

Sueli Akemi Tomita

Fotos da capa: Acervo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

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

RIO BRANCO DO SUL, PR

AUTORES

José Luiz Kepel Filho
Larissa Flávia Montandon Silva
Renato Ribeiro Mendonça
Sueli Akemi Tomita



PR

2024

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	6
2. RESUMO	7
3. INTRODUÇÃO	7
4. OBJETIVOS.....	8
5. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO.....	8
6. MÉTODOS.....	10
7. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS.....	12
7.1 PRODUTOS DISPONIBILIZADOS.....	12
7.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
7.3 MATERIAIS UTILIZADOS.....	16
7.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO	17
8. RESULTADOS.....	20
8.1 CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES	20
8.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS.....	48

1. 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 Cavalcanti de Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão
Territorial

2. RESUMO

Este relatório apresenta de forma objetiva e sintética os aspectos que permeiam a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Rio Branco do Sul (PR), 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 2023.

São apresentadas brevemente a metodologia e os dados utilizados, assim como 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.

3. 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 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 Rio Branco do Sul (PR), realizada no ano de 2023, pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

4. 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 laboratório, perfis geofísicos, leitura, usos e limitações da carta, além de outras informações pertinentes ao entendimento completo e correto dos produtos.

5. 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 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 infraestrutura 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).

6. 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	Março/2023	José Luiz Kepel Filho Larissa Flávia Montandon Silva Renato Ribeiro Mendonça Sueli Akemi Tomita
Campo – Etapa 2	Abril/2023	José Luiz Kepel Filho Larissa Flávia Montandon Silva Renato Ribeiro Mendonça Sueli Akemi Tomita
Laboratório	Julho/2023	José Luiz Kepel Filho Larissa Flávia Montandon Silva Renato Ribeiro Mendonça Sueli Akemi Tomita
Geofísica	Setembro/2023	Rafael Ribeiro Severino Jairo Jamerson Correia de Andrade

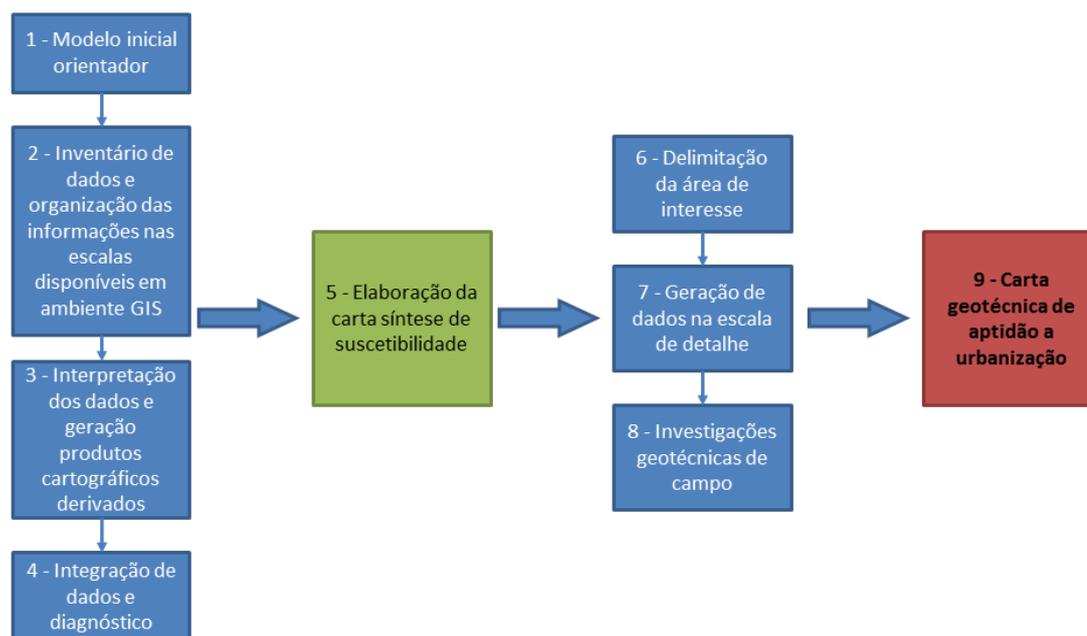


Figura 1 - Fluxo de processos executados durante o trabalho.

A metodologia utilizada durante os trabalhos (**Figura 2**) é apresentada no Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização (ANTONELLI *et al.*, 2021), disponível no link: [Guia de Procedimentos Técnicos](#).

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

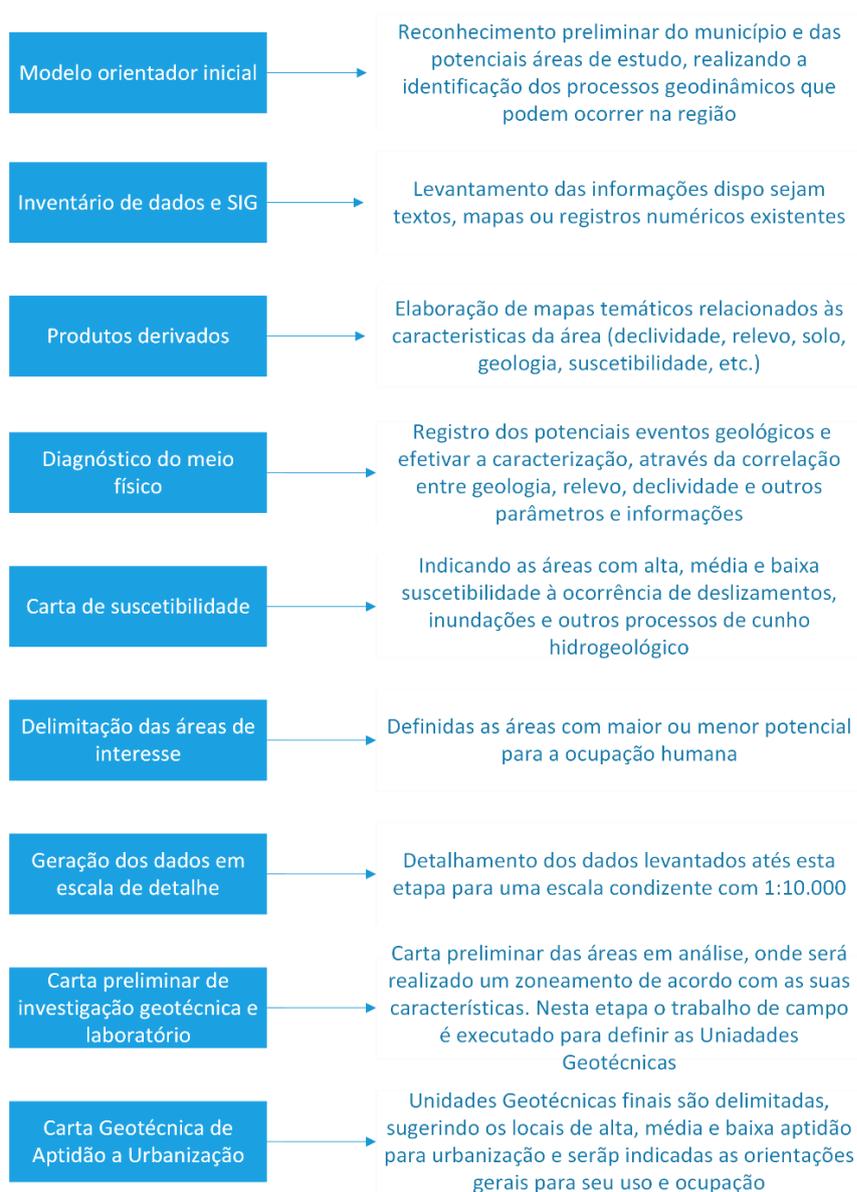


Figura 2 – Descrição da metodologia aplicada.

7. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS

FINAIS

7.1. PRODUTOS DISPONIBILIZADOS

O produto final da **Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Rio Branco do Sul (PR)** é composto pelo conteúdo apresentado na **Tabela 2**. O Conteúdo da pasta SIG (**Figura 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 rigeo.cprm.gov.br.

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

Produto	Descrição
Pasta Cartas em PDF	
Carta Índice	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha Geral (Escala 1:15.000)
Carta 1	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 1 (Escala 1:10.000)
Carta 2	Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização – Folha 2 (Escala 1:10.000)
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
Restricoes_Ocupacao_A	Áreas com algum tipo de restrição legal ou ambiental que não permita ocupação
Unidades_Geotecnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas
Subpasta Geofisica	
CE_RBS	Localizações dos caminhamentos elétricos
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

Nome

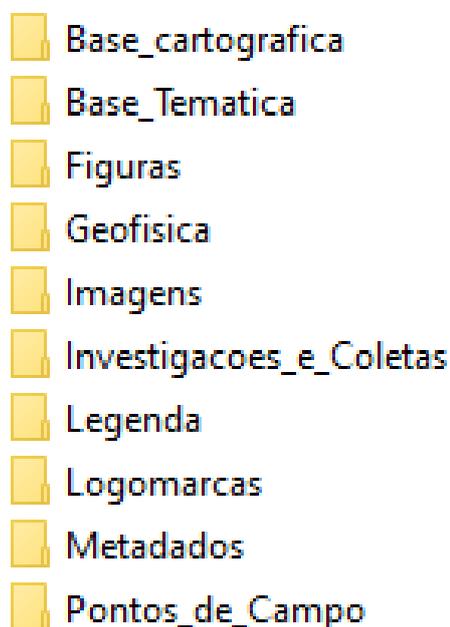


Figura 3 - Estruturação do SIG

7.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do projeto (**Figura 4**) foi baseada nas áreas de expansão (vetores de crescimento) fornecidas pela Prefeitura Municipal de Rio Branco do Sul (PR). Com a finalidade de melhor visualização da área, alguns trechos foram editados. O acesso à área partindo de Curitiba se dá pela rodovia PR-092, percorrendo-se cerca de 47 km.

A área total analisada, destacada em vermelho na Figura 4, é de aproximadamente 29 km², o que corresponde a cerca de 3,6% do território municipal (área verde à esquerda).

A área de estudo caracteriza-se, majoritariamente, por morros baixos com vertentes convexo-côncavas de gradiente suave a moderado (entre 5 e 20°), topos arredondados e amplitude entre 50 e 100, e colinas amplas e suaves com declividades entre 3 e 10° e amplitudes de 20 a 50 metros. Localizadamente, ocorrem depósitos de rejeitos associados à mineração de calcário. Por toda a

área existem rampas de alúvio-colúvio de pequeno porte e não há presença de planície de inundação.



Figura 4. Mapa de localização e acesso

As litologias identificadas formam uma intercalação metassedimentar de calcarenitos, metapelitos (filitos e xistos), mármores dolomíticos e quartzitos, cortadas com enxames de diques máficos de composição basáltica. É comum a ocorrência de cavernas e dolinas nas áreas dos mármores e calcarenitos. Localmente, comumente associados às rochas básicas, ocorrem depósitos de colúvio-tálus, com blocos métricos a decamétricos e matriz argilo-siltosa. Os depósitos colúvio-aluvionares são normalmente constituídos de areia e pedregulhos rolados.

7.3. 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;
- Carta Geológica do Estado do Paraná, Folha Rio Branco do Sul, na escala 1:70.000, ano 1970;
- Mapeamento Geológico-Geotécnico, Setorização de Riscos e Organização de Dados na RMC, IAT, na escala 1:20.000, ano 2021;
- Mapa de Coberturas Superficiais elaborados com dados de campo;
- Mapa de solos na escala 1:10.000 produzidos pela Embrapa (2010)
- 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;
- Mapa de declividade (inclinação);
- Mapa hipsométrico (altitude);
- Análise de perfis geofísicos gerados em atividade de campo;
- Dados de sondagem SPT fornecidos pela prefeitura municipal;

Vale ressaltar que os dados topográficos (MDE) 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 Rio Branco do Sul – PR, produzido no ano de 2014 e fornecido pela Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

As imagens ópticas 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.

Os dados geofísicos foram levantados pela equipe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica (DISEGE) do Serviço Geológico do Brasil. Foram realizados os métodos eletrorresistividade (ER) e polaridade induzida (IP) realizados em Caminhamento Elétrico (CE), conforme a Tabela 2, citada na introdução do relatório.

7.4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Durante as atividades de campo foram coletadas 43 amostras e selecionadas 11 representativas de cada unidade geotécnica para análise laboratorial. 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 de Araraquara, SP.

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 μ m. 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.

Das dezessete amostras analisadas, somente sete tiveram resultados completos e satisfatórios em todos os ensaios laboratoriais realizados, necessários para a classificação, seguindo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos, o que auxilia na determinação da aptidão à urbanização. Os resultados das análises

associadas às unidades geotécnicas estão descritos no capítulo 8. A figura 5 ilustra alguns dos ensaios laboratoriais que foram executados.

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)

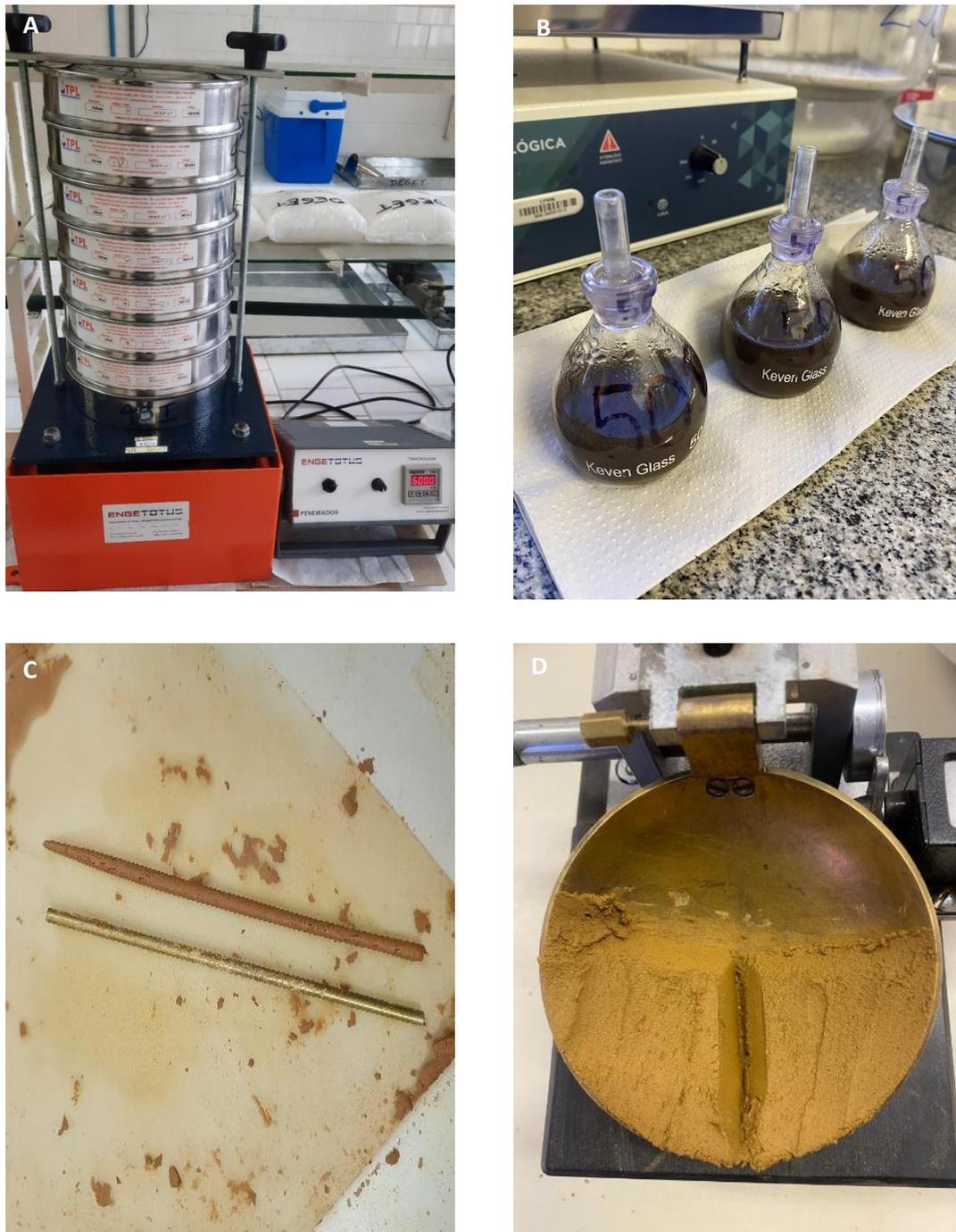


Figura 5. Ensaios realizados: (A) Granulometria, (B) Densidade dos Grãos, (C) Limite de Plasticidade e (D) Limite de Liquidez

8. RESULTADOS

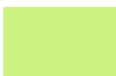
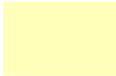
A interpretação de todos os dados obtidos através do levantamento preliminar, modelagens, atividades de campo e ensaios laboratoriais, resultaram em dois planos de informação principais: as unidades geotécnicas e as áreas aptas à urbanização. A primeira é a combinação do substrato litológico com as coberturas 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 à urbanização.

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

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

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 apresentando restrições geológico-geotécnicas que exigem o correto atendimento a critérios técnicos e diretrizes para sua urbanização. Devido sua heterogeneidade geotécnica, podem exigir custos variáveis para sua consolidação, por meio de intervenções estruturantes.
	Baixa	Áreas com severas restrições à ocupação e/ou áreas caracterizadas como não consolidáveis do ponto de vista geológico-geotécnico. Recomenda-se outra destinação, devido à complexidade e aos altos custos necessários para sua urbanização.

8.2. 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 8 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.

Unidade Geotécnica 1 – Colúvio/Solo Residual com Substrato de Rochas Calcárias - UG_Co-SR/Ca

Intercalado aos filitos/metassiltitos, esta unidade de rochas calcárias ocorre apenas na região norte da área de expansão, com camadas de direção NE-SW que mergulham para NW e apresenta falhas/fraturas paralelas ao contato com os filitos/metassiltitos. Cortam transversalmente essa unidade, diques de rochas básicas de direção NW-SE. As formas de relevo predominantes são os morros baixos e as colinas com declividades de até 30 graus.

O solo é formado por horizontes de material coluvionar (transportado) sobre solo residual de calcarenito, **figura 6**. Dados de sondagens à percussão fornecidos pela prefeitura apresentaram solos residuais que variam de silte argiloso a pouco argiloso quando estão próximos à superfície e, silte arenoso quanto mais

profundos, com cores que variam do amarelo ao vermelho com espessuras que variam de 3 a cerca de 15 metros. Perfis de caminhamento elétrico realizados pela equipe de geofísica na porção noroeste da área de expansão, reforçam a informação sobre a espessura aproximada do solo. Foi identificado material que pode ser interpretado como solo residual (domínio geoeletrico 2), de cerca de 20 metros de espessura, onde o substrato apresenta menor resistividade, indicando, de acordo com os parâmetros geofísicos adotados, a presença de solo e/ou rocha muito alterada (**figuras 7 a 10**). Em observações de campo, a profundidade do solo não é homogênea, hora há solo em contato lateral com rocha e vice-versa (**figura 11**).

Há ainda, no limite da unidade geotécnica, exploração de calcarenito para fabricação de cimento, segundo dados disponibilizados no sítio virtual da Agência Nacional de Mineração.

Nesta unidade geotécnica foram interpretadas como afundamento de solo, possível dolina, depressão localizada na Rua Antônio Souza Rosa com a Rua Sete de Abril (**figura 11**) e, outro afundamento, na Rua Antônio Elias nº 840. Na segunda localidade, a fundação da moradia desceu 50 centímetros, conforme indicação na **figura 12**. Além da ocorrência dessas possíveis dolinas, há uma cavidade natural localizada à nordeste da área de expansão, conhecida como Gruta da Toquinha, mais uma evidência da fragilidade dos calcarenitos no outro extremo da unidade.

Outro fator que deve ser avaliado e monitorado, é o consumo de água subterrânea pois, seu uso excessivo pode causar perda do suporte hidrostático devido a redução da pressão hidrostática nos poros da rocha e induzir a formação de dolinas. Contribuem também para o processo, as flutuações do nível d'água que também podem alterar as propriedades físicas do solo como consequência do encharcamento e ressecamento sucessivos, levando a subsidências.

Quanto a capacidade de suporte do solo, varia de baixa (colúvio) a média/alta (solo residual). Nos ensaios de sondagens à percussão (SPT) fornecidos pela prefeitura, a compacidade nos primeiros metros de solo é média e aumenta para

compacto a muito compacto a partir de cerca de 10 metros de profundidade nos solos residuais e solos de alteração de rocha. O ensaio de caracterização de solo em amostra de solo residual de calcarenito coletado em campo resultou em solo de baixa compressibilidade (ML - silte) pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos. A escavabilidade é boa (1ª categoria) nos colúvios e solos residuais maduros, passando a moderada (2ª categoria) nos solos residuais estruturados, e difícil (3ª categoria) no saprólito/solo de alteração de rocha junto ao topo rochoso. A suscetibilidade a movimentos de massa varia de baixa a alta, passando a alta quando as características morfológicas das elevações e/ou estruturas reliquiares das rochas forem desfavoráveis.

Processos Potenciais: Deslizamento, queda/tombamento/rolamento de blocos, formação de dolinas (afundamento de solo) e recalques.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Geofísica detalhada para mapear e dimensionar as dolinas. Controle de vazão, consumo e monitoramento das águas subterrâneas tanto para abastecimento quanto dos empreendimentos minerários, indústrias e fábricas, pois a vazão descontrolada da água subterrânea pode contribuir para o processo de formação das dolinas. 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 /tombamento/rolamento.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno:

Mapeamento de dolinas, principalmente próximos aos contatos litológicos, zonas de cisalhamento, falhas e fraturas; Mapeamento de blocos/ninhos de blocos com perigo de queda/tombamento/rolamento. Sondagens a percussão e mistas em áreas com blocos. Amostragem de solo para realizar ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes. Instalação de instrumentação nos taludes para monitorar a movimentação do solo/rocha.



Figura 6: Ponto de campo número 44 - Solo residual de calcarenito: argila siltosa pouco arenosa, plástica, marrom avermelhada. Coordenadas UTME: 669571, UTMN: 7214653 - Rio Branco do Sul – PR.

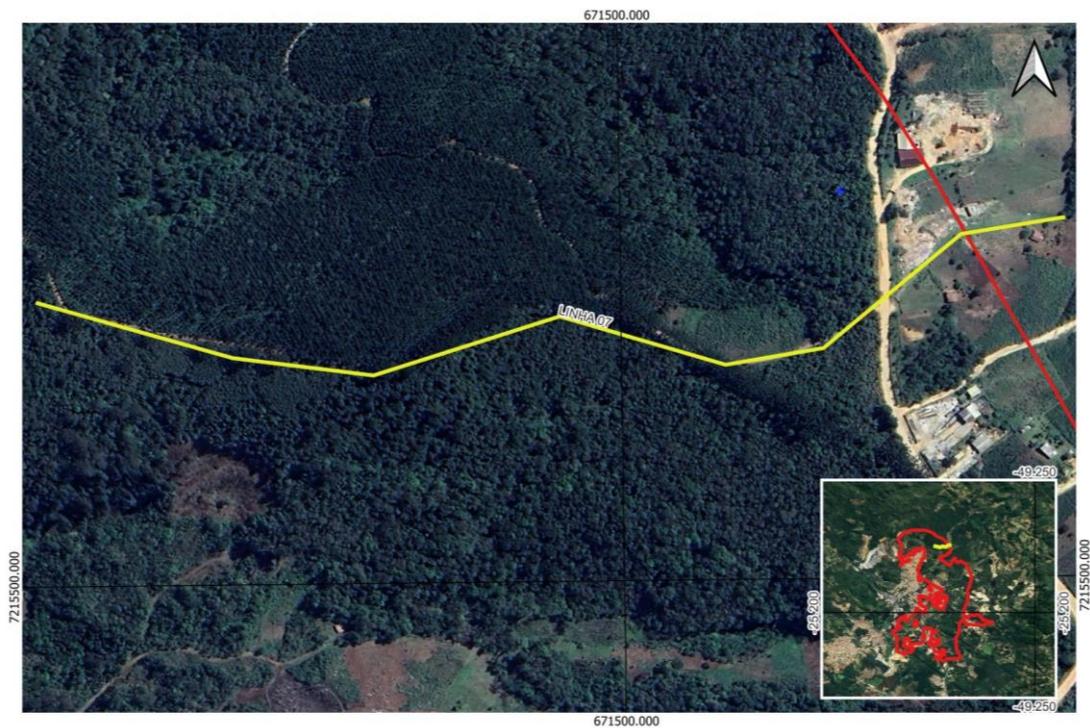


Figura 7: Local do perfil de caminhamento elétrico da linha 7 (linha amarela), à leste da Vila São Pedro – Rio Branco do Sul – PR. (A linha vermelha é o limite da área de expansão).

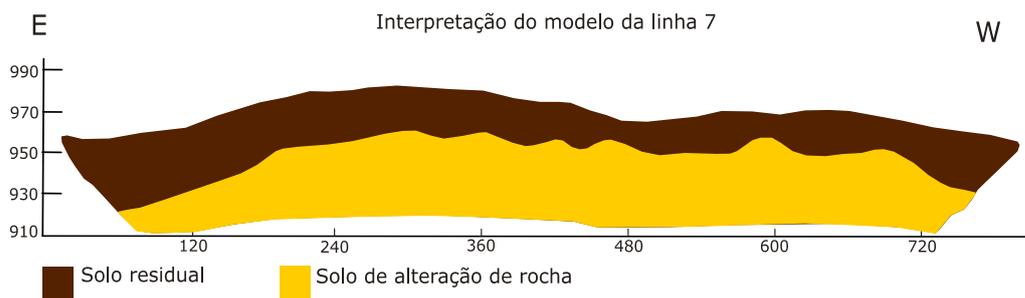


Figura 8: Domínio geoeletrico 2 interpretado como solo residual, em marrom, com espessura de cerca 20 metros. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”

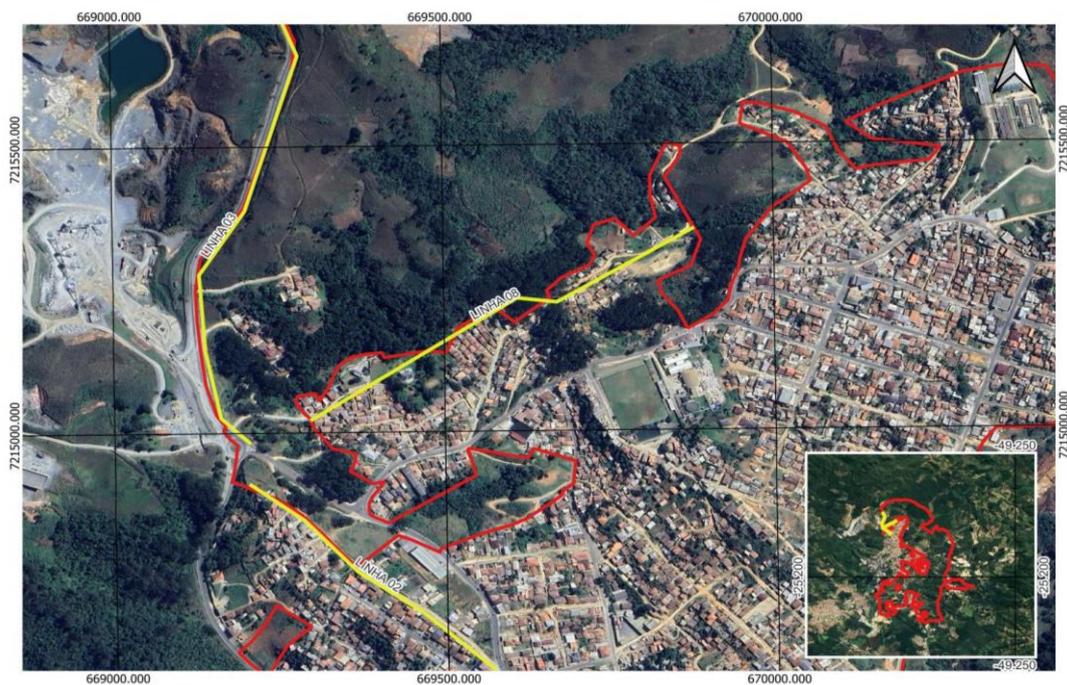


Figura 9: Localização do perfil de caminhada elétrica da linha 8 (linha amarela), à oeste da Vila São Pedro – Rio Branco do Sul – PR. (A linha vermelha é o limite da área de expansão).

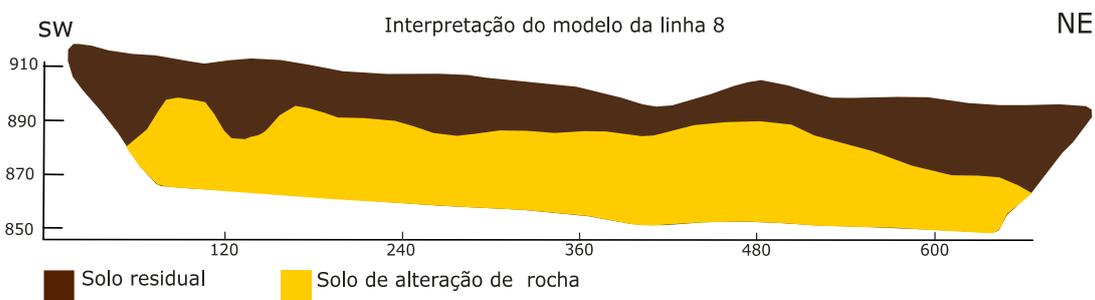


Figura 10: Domínio geoeletrico 2 (em marrom) interpretado como solo residual, com espessura de cerca 20 metros de solo. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”



Figura 11: Ponto de campo número 2, afundamento de solo, perfil de solo e rocha. Rua Antônio Souza Rosa x Rua Sete de Abril, Rio Branco do Sul – PR.



Figura 12: Fundação de moradia atingida por afundamento de solo. Rua Antônio Elias, 840 - Rio Branco do Sul – PR. Fonte: Relatório de inspeção ambiental. 2017.

Unidade Geotécnica 2 – Colúvio/Solo Residual com Substrato de Mármore - UG_Co-SR/MR-ma

Esta unidade está presente do centro ao sul da área de expansão e ocorre em relevo de morros baixos e colinas. Representada por mármore dolomítico, é a maior área das unidades geotécnicas. Está intercalada aos metassiltitos/filitos e

quartzitos e, assim como nos calcarenitos, as rochas ocorrem com camadas inclinadas com mergulho para noroeste. Zonas de cisalhamento, falhas e fraturas ocorrem paralelas aos contatos entre as rochas, reduzem a sua resistência e favorecem o intemperismo e a infiltração das águas. A suscetibilidade a movimentos de massa varia de baixa a alta, sendo controlada pela declividade, com predomínio de baixa suscetibilidade.

A porção central leste da unidade está contida em bacia de enxurrada e pode ser atingida pelo fenômeno eventualmente. Cortam transversalmente essas camadas com padrão de direção NW-SE, diques de rochas básicas que comumente estão fraturados, alterados e expõem blocos arredondados pelo intemperismo, feições observáveis em cortes de estrada e taludes.

O solo residual tem predomínio de argila siltosa e varia para argila arenosa quando menos maduro, geralmente apresenta cor marrom avermelhada quando mais alterado e ocre quando ainda apresenta alguma estrutura da rocha. Nos trabalhos de sondagens fornecidos pela prefeitura, foram descritos predominantemente como solos residuais de silte pouco arenoso, com cores variando em tons amarelos. Nos trabalhos de campo, o solo apresentava espessuras variadas, de forma heterogênea, lateralmente intercaladas a blocos de rocha, **figuras 13 e 14**.

Ensaio de caracterização de solo realizados em amostra de solo residual (**figura 15**) coletado em campo resultou em solo de baixa compressibilidade, ML-silte, pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos, semelhante ao resultado do calcarenito. Apresenta escavabilidade boa (1ª categoria) nos colúvios e solos residuais maduros, passando a moderada (2ª categoria) nos solos residuais estruturados, e difícil (3ª categoria) no saprolito/solo de alteração de rocha junto ao topo rochoso.

Assim como nos calcarenitos, os mármore desta unidade, podem apresentar cavidades naturais formadas por dissolução do mármore, como a Gruta da Lancinha, com 1700 metros de extensão estimada da cavidade. Além do processo natural de formação de caverna, há registro de afundamento de solo em junho/julho de 2019 no bairro Nodari II, final da rua Pinheiro, (coordenadas

UTME: 671655m; UTMN: 7212653m), com 2 metros profundidade e 4 metros de diâmetro segundo o CENACID. Este afundamento está a menos de 100 metros de distância do perfil da linha 10 (**figuras 18 e 19**), sua direção coincide com a direção da anomalia detectada no perfil, o que contribui ainda mais para a confirmação da dolina nessa localidade. Os resultados da linha 10 mostram anomalias, possíveis vãos preenchidos por água no subsolo a cerca de 30, 40 e 50 metros de profundidade, **figuras 16 a 19**, que podem ser interpretadas como dolinas, mas é necessária investigação por método direto para confirmação.

Vale ressaltar que a exploração de água subterrânea do mármore, assim como do calcarenito, também pode causar afundamento do solo, pois é uma rocha carbonática suscetível ao mesmo processo. Dessa forma, deve-se considerar que o rebaixamento, sem controle, do lençol freático para extração de mármore também contribuirá para o processo de formação de dolinas.

E, eventualmente, as famílias de descontinuidades do maciço rochoso podem gerar blocos e lascas de rocha que, a depender da atitude das fraturas, favorecem o início do processo de queda, tombamento e rolamento de blocos. Os terrenos situados nos sopés dessas feições são áreas de atingimento dos processos citados para blocos e lascas de rocha.

Processos Potenciais: Deslizamento, queda/tombamento/rolamento de blocos, formação de dolinas (afundamento de solo) e recalques.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Da mesma forma que os calcarenitos, há a necessidade de levantamentos geofísicos detalhados das áreas com formação de dolinas, fator que deve ser considerado para qualquer atividade a ser desenvolvida em terrenos de rochas carbonáticas. Controle de vazão, consumo e monitoramento das águas subterrâneas tanto para abastecimento quanto em empreendimento minerários, indústrias e fábricas, pois influenciam no processo de formação de dolinas. 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/tombamento/rolamento.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos/ninhos de blocos com perigo de queda / tombamento / rolamento; Sondagens a percussão e mistas em áreas com blocos; Amostragem para realizar ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes; Instalação de instrumentação nos taludes para monitorar a movimentação de material das encostas. Implantação de sistema de alerta para eventos chuvosos extremos.



Figura 13: Ponto de campo número 24 - Extração de mármore, mina ativa. Coordenadas UTME: 670213; UTMN: 7210004. Rio Branco do Sul – PR.



Figura 14: Ponto de campo número 34 - Pedreira de mármore inativa. Coordenadas UTME: 670910; UTMN: 7210593 - Rio Branco do Sul – PR.



Figura 15: Ponto de campo número 36 – Perfil de solo residual de mármore, coordenadas UTME: 671713, UTMN: 7209524 – Rio Branco do Sul – PR.

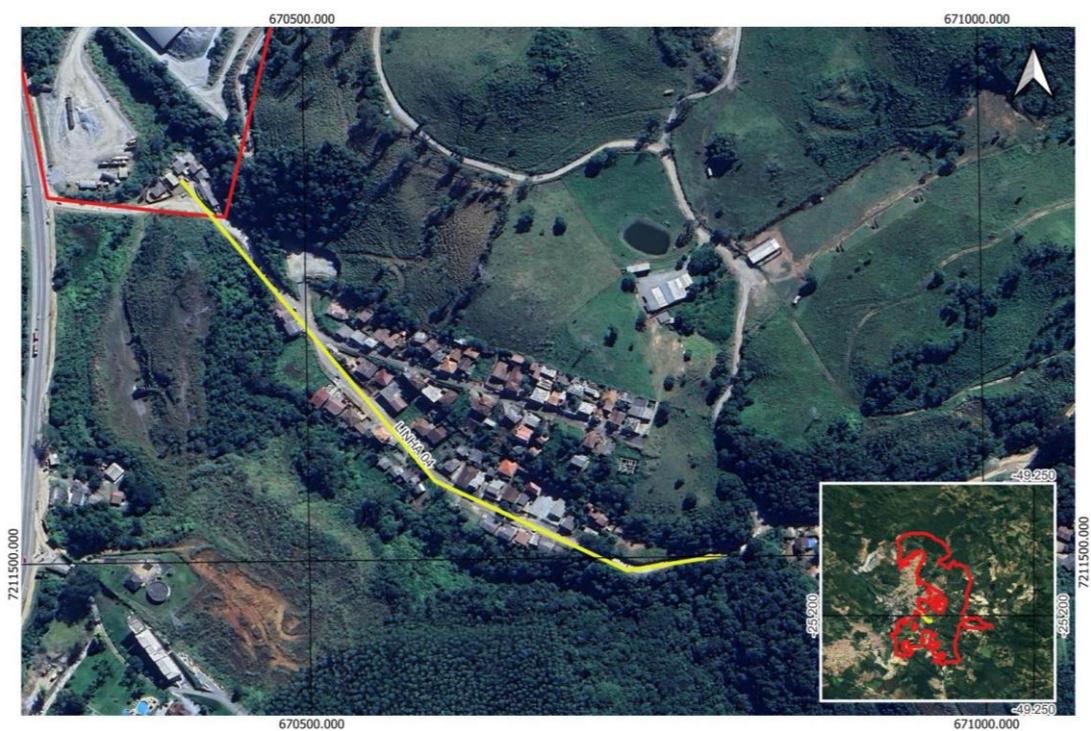


Figura 16: Localização do perfil de caminhamento elétrico da linha 4 (linha amarela). Margem da Rua Antônio Artigas de Miranda – Rio Branco do Sul – PR. (A linha vermelha é o limite da área de expansão).

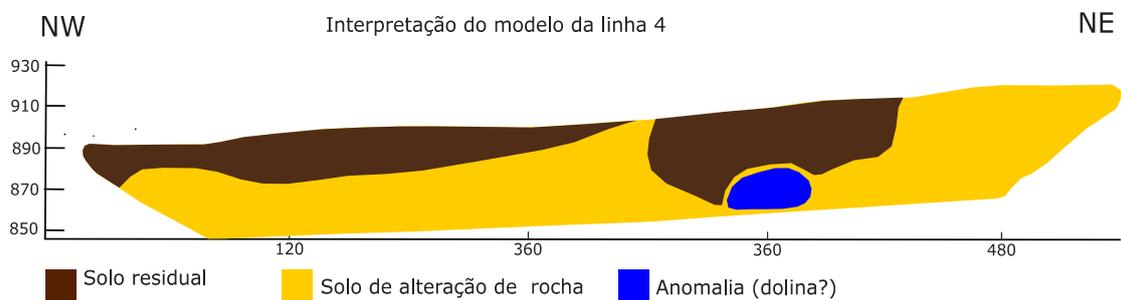


Figura 17: Perfil de caminhamento elétrico com anomalia (polígono azul) no mármore dolomítico. A anomalia pode ser interpretada como um vão no subsolo preenchido por água a cerca de 30 metros de profundidade. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”

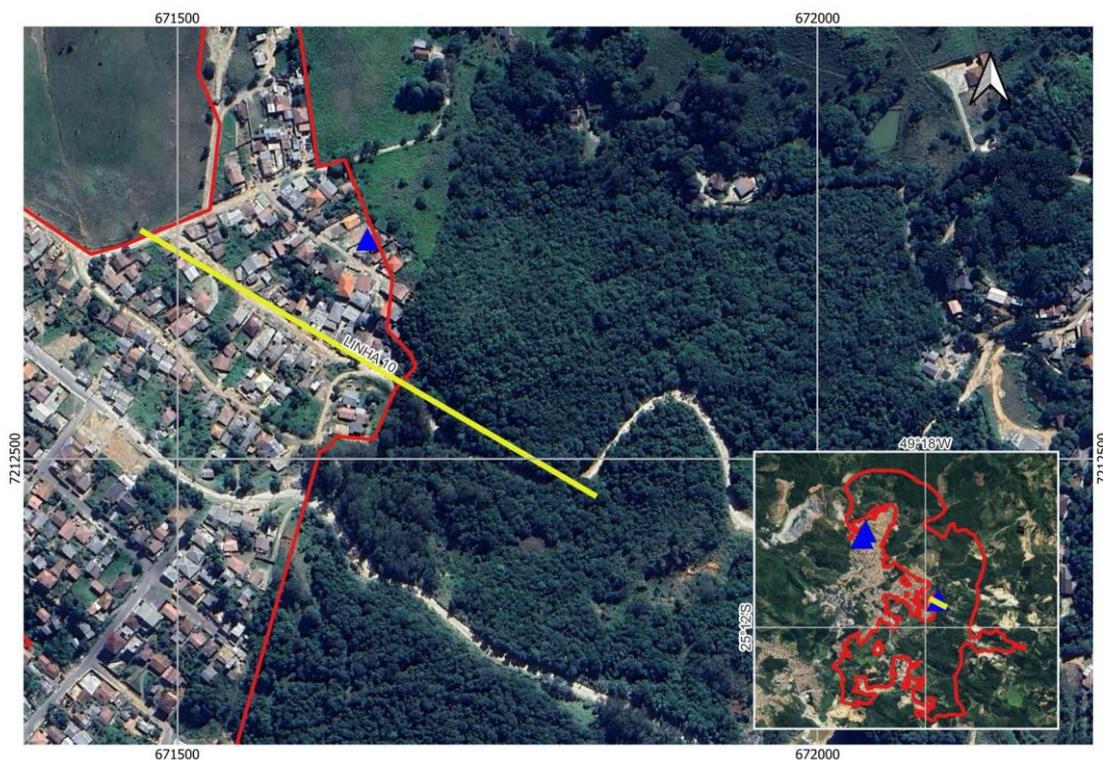


Figura 18: Localização do perfil de caminhamento elétrico da linha 10 (em amarelo), Bairro Nodari II – Rio Branco do Sul – PR. Triângulos azuis indicam locais com afundamento de solo. (A linha vermelha é o limite da área de expansão).

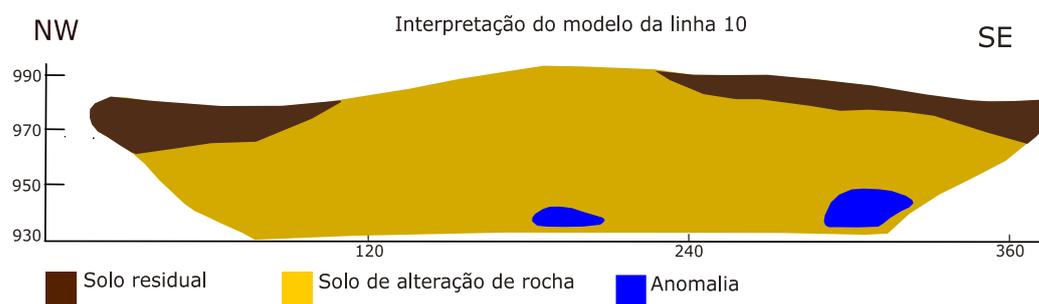


Figura 19: Perfil de caminhamento elétrico com anomalias (polígonos azuis) no mármore dolomítico. A anomalia pode ser interpretada como um vão no subsolo preenchido por água a cerca de 40 e 50 metros de profundidade. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”

Unidade Geotécnica 3 – Colúvio/Solo Residual com Substrato de Metassilito e/ou Filito - UG_Co-SR/MB-si

Esta unidade está presente de norte a sul da área de expansão, frequentemente observado como material friável que capeia o substrato rochoso constituído por rochas metamórficas de baixo grau, metassilitos e filitos, geralmente ocorrem muito alterados (**figuras 20 e 21**) em cortes de estrada e apresentam relevos de colinas e morros baixos. Os filitos/metassilitos estão intercalados aos mármore dolomíticos, calcarenitos e quartzitos. As rochas desta unidade possuem foliações com espessuras milimétricas e geralmente estão dobradas, deformadas ou fraturadas. Os contatos entre as rochas desta unidade com as outras unidades estão associados às zonas de cisalhamento, falhas e fraturas, áreas onde as rochas são mais deformadas, fraturadas e estão mais intemperizadas, além de favorecer a infiltração das águas no solo ou na rocha.

Foi interpretado no perfil de caminhamento elétrico uma anomalia a cerca de 150 metros da região de falha ou fratura que coincide com o contato do filito/metassilito com calcarenito, a cerca de 20 metros de profundidade (**figuras 22 a 25**), indicando uma anomalia, em azul, com baixa resistividade, que pode ser um vazio preenchido por água, mas deve ser confirmado por método direto. Essa região necessita de atenção pois pode ser uma área com possibilidade de afundamento de solo.

Geralmente é formada por camadas espessas de solo que podem ocorrer tanto sob a forma de depósito coluvionar sob solo residual maduro de silte argiloso, de boa coesão e pode apresentar forte atuação de erosão laminar.

Ensaio de sondagens à percussão realizados à norte da área, fornecidos pela prefeitura, apresentaram em sua maioria, solo residual de silte areno-argiloso a silte argilo-arenoso e silte argiloso pouco arenoso com consistência variando de pouco compacto a muito compacto, tornando-se mais consistente conforme aumenta a profundidade. A profundidade do solo residual variou de 15 até cerca de 20 metros. E em ensaio de caracterização de solos, a amostra de solo residual resultou em solo de baixa compressibilidade, ML – silte, pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos.

A suscetibilidade a movimentos de massa é variável, sendo alta quando as características geomorfológicas das encostas forem desfavoráveis, íngremes ou quando são realizados cortes inadequados, que não considerem fatores de estabilidade. Quanto às enxurradas, a porção central-leste da unidade está contida em bacia de enxurrada e pode ser atingida pelo fenômeno eventualmente, assim como a região NNE, já no limite da área de expansão.

A capacidade de suporte do colúvio é baixa, sendo mais elevada nos terrenos onde há solo residual maduro. A escavabilidade no colúvio e no solo residual maduro variam de fácil a moderada (1ª a 2ª categoria). No saprolito subjacente ao substrato rochoso pode haver dificuldade em escavações (3ª categoria).

Processos Potenciais: Deslizamentos (planar e/ou rotacional), Rastejo.

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. Estudos para avaliar potencial para instalação de saibreiras.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Sondagens a percussão e mistas (em rochas). Amostragem para realização de ensaios geotécnicos de avaliação da estabilidade dos taludes. Instalação de instrumentação nos taludes para

monitorar a movimentação do substrato. Implantação de sistema de alerta para eventos chuvosos extremos.



Figura 20: Ponto de campo número 30 - Afloramento de saprolito de filito/metassiltito em corte de estrada, margens da Avenida Agrimensor Gildo Pinheiro da Luz, coordenadas UTME: 669413; UTMN: 7209470 – Rio Branco do Sul – PR.



Figura 21: Ponto de campo número 06 – Solo residual de filito/metassiltito, coordenadas UTME: 672634; UTMN: 7214174. Rio Branco do Sul – PR.

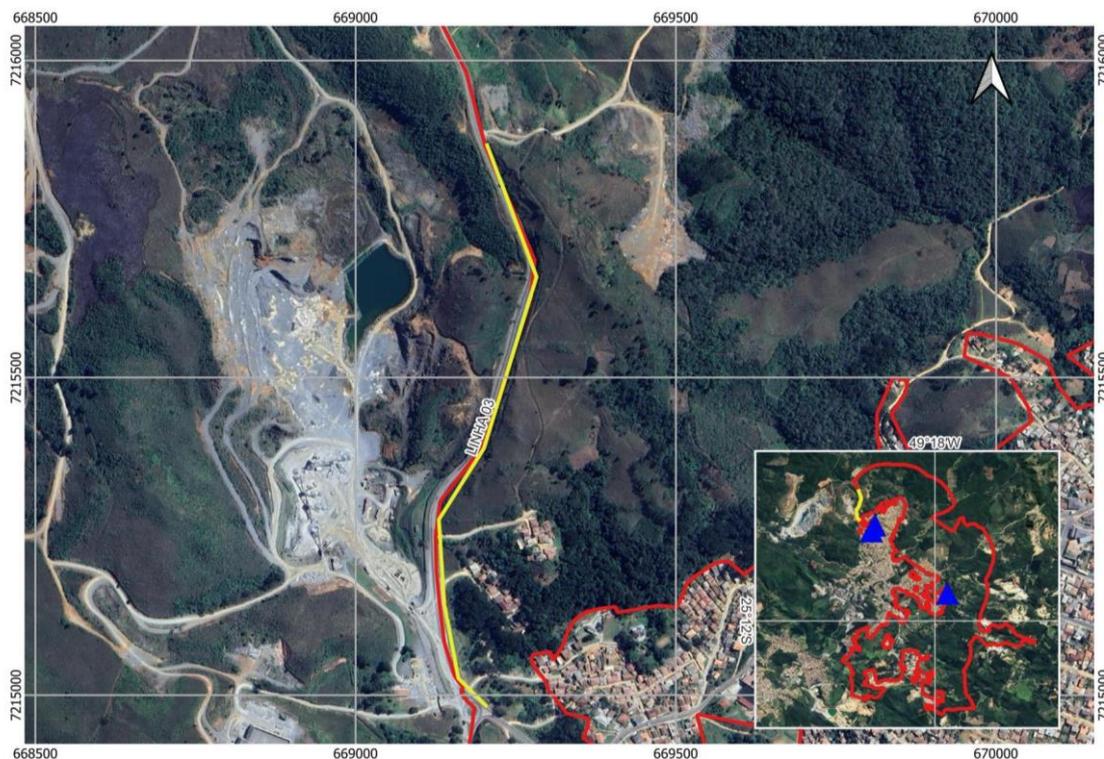


Figura 22 : Localização do perfil de caminhamento elétrico da linha 3 (amarela), próximo à rua Antônio Artigas de Miranda – Rio Branco do Sul – PR. (A linha vermelha é o limite da área de expansão e os triângulos azuis são localidades onde ocorreram afundamentos de solo).

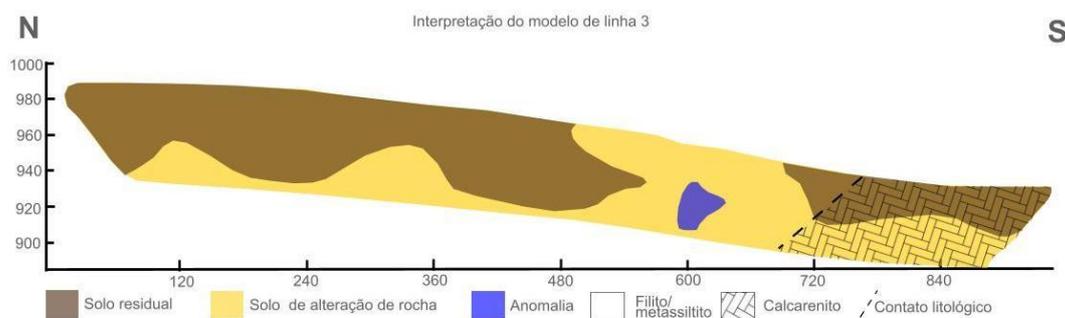


Figura 23: Perfil em filito/metassiltitos em contato com calcarenito com domínio geolétrico em azul interpretado como anomalia. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”

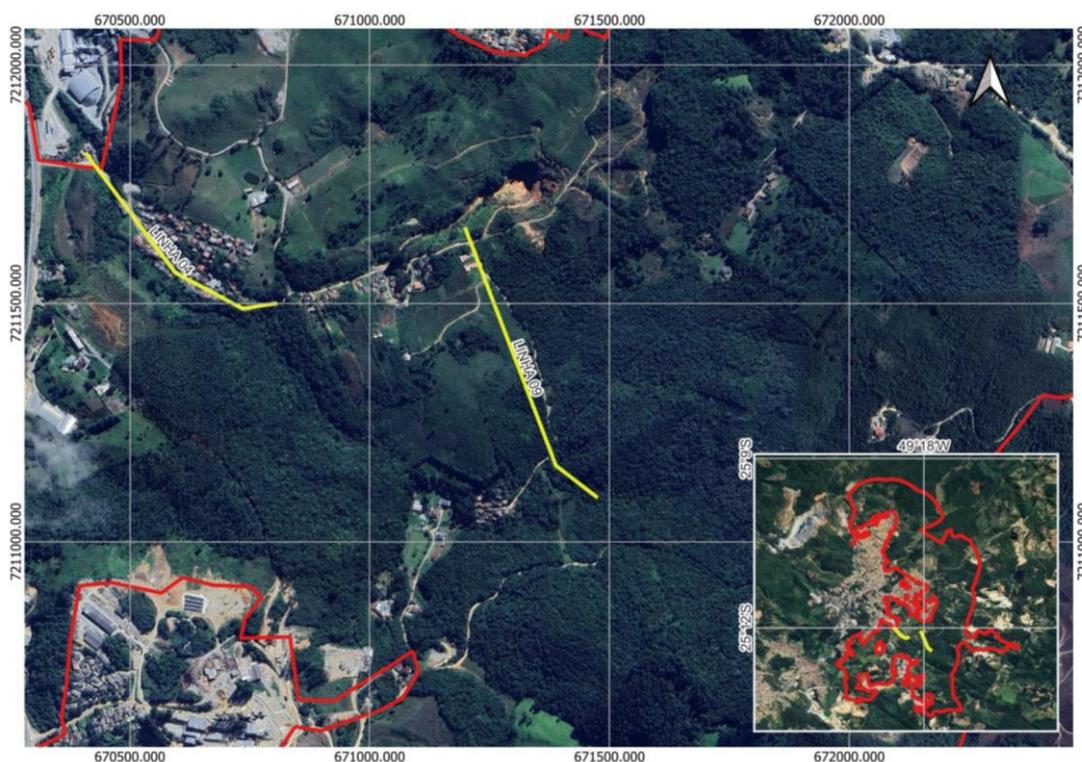


Figura 24 : Localização do perfil de caminhada elétrica da linha 9, próximo à rua Antônio Artigas de Miranda – Rio Branco do Sul – PR.

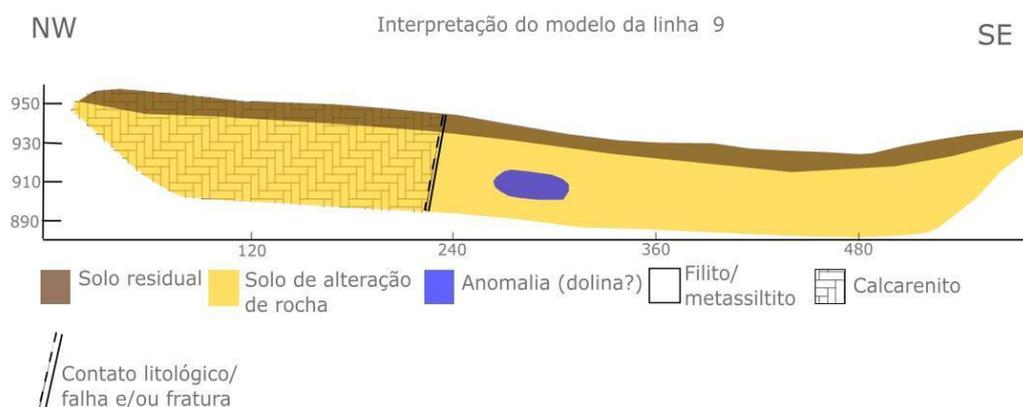


Figura 25: Perfil em filito/metassilito com domínio geoeletrico em azul interpretado como anomalia. Modificado de “Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul – PR.”

Unidade Geotécnica 4 – Colúvio/Solo Residual com Substrato de Quartzito - UG_Co-SR/MR-qz

É uma das unidades geotécnicas de menor área e de difícil identificação nos trabalhos de campo. Ocorre nas formas de relevo de colinas e morros baixos.

Em mapeamento geológico realizado pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, os quartzitos estão em contato litológico com filitos/metassiltitos e mármore dolomíticos e, da mesma forma que as outras unidades, há falhas e fraturas nos contatos e frequentemente há diques que cortam transversalmente esta unidade. Ocorrem predominantemente em relevo suave de baixa declividade e baixa suscetibilidade a movimentos de massa e, subordinadamente, média e alta nas regiões mais íngremes da área de expansão, porém em menor expressão.

Em geral, quartzitos possuem alta resistência quando são, já os solos residuais são rasos e arenosos. Devido à baixa coesão, esses solos residuais são altamente suscetíveis a processos erosivos.

Durante a etapa de campo não foi observado perfil com exposição da rocha sã e/ou alterada, somente solo residual que foi descrito como solo areno-argiloso com silte, cor ocre escuro (**figura 26**).

Pode-se considerar que, na cobertura/solo superficial na rocha alterada a escavabilidade é fácil (1ª categoria), moderada no substrato rochoso (2ª categoria). A capacidade de suporte da cobertura é média e média a alta no substrato rochoso.

Em maciços rochosos, famílias de descontinuidades podem gerar blocos e lascas de rocha que estão estáveis enquanto confinadas. Dessa forma, deve-se avaliar como o maciço será recortado para a execução de obras pois, o corte inadequado poderá favorecer a queda, o rolamento, o tombamento de blocos e deslocamento de lascas de rocha e atingir terrenos situados na base dos morros baixos, áreas de atingimento.

Processos Potenciais: Deslizamento, Queda/Tombamento/Rolamento de Blocos, Erosão.

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/tombamento/rolamento.

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



Figura 26: Ponto de campo número 57 - Perfil de solo residual de quartzito, coordenadas UTME: 672990 UTMN: 7211163 - Rio Branco do Sul – PR.

Unidade Geotécnica 5 – Colúvio/Solo Residual com Substrato de Diques Básicos - UG_Co-SR/Di-Ba

Esta unidade geotécnica distribui-se de norte a sul da área de expansão, corta transversalmente todas as rochas metassedimentares da região e está presente nos relevos de colinas, morros baixos, rampas de alúvio-colúvio e sob depósitos de tálus. Por esse motivo, apresenta suscetibilidade a movimentos de massa

variando de baixa a alta. Em mapeamento realizado pelo Instituto Água e Terra, a largura do dique varia de 30 metros a cerca de 150 metros.

Em trabalhos de campo foram observados sob os depósitos de colúvio, blocos arredondados de rocha básica em corte de estrada e em taludes, variando em diâmetro de alguns centímetros a metros. Esses blocos possuem uma camada de alteração ferruginosa, podem estar soltos e expostos no terreno (**figura 27**). Os solos residuais nessa área são espessos (**figura 28**), maduros e de natureza argilosa-siltosa, com coloração avermelhada e contêm saprolitos próximos aos blocos de rochas arredondadas no solo. Embora não haja afloramentos de rochas, a abundância de blocos sugere um alto índice de fraturamento na rocha subjacente ao solo. A facilidade de escavação varia, sendo boa (1ª categoria) nos colúvios e nos solos residuais maduros, moderada (2ª categoria) nos solos residuais estruturados e difícil (3ª categoria) nos blocos rochosos. A capacidade de suporte das camadas em geral é considerada média.

Processos Potenciais: Deslizamentos (induzidos), rastejos e queda/tombamento/rolamento de blocos.

Recomendações para o planejamento do uso do solo: Avaliar antes da ocupação, a disposição e/ou possível ameaça de blocos nos taludes de terrenos. Impedir que as ocupações desestabilizem as encostas com cortes e aterros. Monitorar processos de rastejo.

Estudos e investigações recomendadas para detalhamento das características do terreno: Mapeamento de blocos/ ninhos de blocos com perigo de queda/tombamento/rolamento. Sondagens a percussão e mistas (em áreas de blocos). Amostragem para realizar ensaios geotécnicos de avaliação e estabilidade dos taludes. Monitorar processos de rastejo.



Figura 27: Ponto de campo número 60 – Dique de rocha básica com blocos com esfoliação esferoidal. UTME: 668931, UTMN: 7211358 - Rio Branco do Sul – PR.



Figura 28: Ponto de campo número 9 – Solo residual de dique de rocha básica. UTME: 671443, UTMN: 7212509 - Rio Branco do Sul – PR

Unidade Geotécnica 6 – Alúvio-colúvio - UG_AI-Co

Unidade geotécnica formada pela deposição de sedimentos argilo-arenosos 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), distribuídos por toda extensão da área de expansão onde ocorrem as drenagens (**figuras 29 e 30**). O lençol freático pode estar próximo à superfície ou aflorante.

Possui relevo plano suave a ondulado, com declividades de até 10°. A probabilidade de ocorrência de movimentos de massa é baixa, localmente moderada nas áreas de relevo mais acentuado. 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 e laterita podem, localmente, dificultar a escavabilidade (2ªe/o u 3ª categoria).

Processos Potenciais: Deslizamentos (induzidos predominam), enxurradas, corridas de massa, inundações e solapamento de margem.

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. Monitorar possíveis processos de rastejo. Evitar contaminação do lençol freático quando raso. Avaliar a recorrência e magnitude das inundações e eventos extremos. Avaliar potencial para fornecimento de areia 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. Instalar instrumentos nos taludes para medir possíveis rastejos. Realizar estudos para caracterização e recorrência dos eventos hidrológicos. Implantar sistema de monitoramento e alertas para eventos extremos.



Figura 29: Ponto de campo número 32 - Rampa de Alúvio-Colúvio com baixa suscetibilidade à inundação, coordenadas UTME: 672110, UTMN: 7210918 - Rio Branco do Sul – PR.



Figura 30: Ponto de campo número 64 - Amostra de solo de rampa de alúvio-colúvio; coordenadas UTME: 671385, UTMN: 7211168 - Rio Branco do Sul – PR.

Unidade Geotécnica 7 – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de calcarenitos - UG_T-Co/SB-ca e Unidade Geotécnica 8 – UG Tálus com Colúvio Subordinado e substrato de Metassiltitos e/ou filitos e Mármore indiferenciado UG_T-Co/M-si/ma

Embora estejam sobre substratos diferentes, ambas apresentam características geotécnicas semelhantes e, por esse motivo, estão na mesma descrição.

São depósitos instáveis e íngremes de encosta (**figura 31 e 32**), formados por movimentos gravitacionais de massa, constituídos por materiais heterogêneos com diferentes graus de alteração, incoerentes, muito mal selecionados, variando desde blocos de rocha até as frações finas de areia, silte e argila, porosos e permeáveis. São mais porosos que os solos residuais situados abaixo em perfil vertical. Ocorrem nos sopés dos morros baixos e colinas, com extensões e espessuras muito variáveis. São mais frequentes na região central da área de expansão.

Embora a caracterização da matriz do depósito tenha resultado em silte elástico de alta compressibilidade (MH – silte elástico) pelo Sistema Unificado de Classificação do Solo, material de boa qualidade, a unidade geotécnica não apresenta comportamento estável para ser ocupada pois, a heterogeneidade tanto de composição, quanto de alteração pelos processos intempéricos resultam em um comportamento instável e com capacidade de carga variável, em geral baixa, mascarada pelos blocos de rocha. Por não terem solo homogêneo, estes terrenos dificultam as escavações por conterem materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias juntos. Sua localização em encostas íngremes de solo pouco espesso condiciona movimentos sazonais por rastejo e a deflagração de deslizamentos em períodos de precipitação intensa. O potencial para a ocorrência de movimentos de massa é alto pela baixa coesão dos materiais, sendo altamente desfavorável a cortes e aterros, portanto, apresenta baixa aptidão à ocupação.

Processos Potenciais:

Deslizamento planar e/ou rotacional; Rastejo; Queda/Tombamento/Rolamento de Blocos, Corridas de Massa e Enxurradas.

Recomendações para o planejamento do uso do solo:

Impedir a ocupação dessas áreas em função das fortes declividades e instabilidade natural dos taludes facilmente potencializada por qualquer intervenção, sujeitas a deslizamentos e rolamento/tombamento/queda de blocos de rocha de grande porte, são áreas não adequadas à ocupação urbana; preservar e recuperar a vegetação das encostas; destinar tais áreas a parques e à preservação ambiental.

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/tombamento/rolamento. Monitorar processos de rastejo. Investigar por meio de sondagens e ensaios geotécnicos a necessidade

de obras de contenção; Implantação de infraestrutura para prevenção de riscos e contenção de encostas de acordo com a necessidade;



Figura 31: Ponto de campo número 21 - Depósito de tálus com blocos de matacões expostos. Coordenadas UTME: 670509 UTMN: 7211759 - Rio Branco do Sul – PR.



Figura 32: Ponto de campo número 21 – Solo de Depósito de Tálus. UTME: 670509, UTMN: 7211759 - Rio Branco do Sul – PR.

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.**
- ANM, Agência Nacional de Mineração.** Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE). <http://geo.anm.gov.br/>. Acesso em: 10/2023.
- ANDRADE, J. J. C. DE; SEVERINO, R. R.** Levantamento Geofísico de Eletroresistividade e Polarização Induzida para a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização no Município de Rio Branco do Sul - PR. **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. 2023**
- 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.**
- 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.**
- COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ** - Mapa Geológico da Folha Rio Branco do Sul. 1970. Escala 1:70.000.
- CENACID - CENTRO DE APOIO CIENTÍFICO EM DESASTRES.** Relatório de missão complementar - Viagem de estudos para o Vale do Ribeira: Sismos, deslizamentos, dolinas e fluxo de massa gravitacionais.
- DNER-ME.** 093: Solos - determinação da densidade real. [S.l.]. 1994.
- IAT - INSTITUTO ÁGUA E TERRA** - Mapa de Unidades de Terreno com Faixas de Declividades. Versão 02. Folha A090. Março/2021. Escala 1:20.000
- IAT - INSTITUTO ÁGUA E TERRA** - Mapa de Unidades de Terreno com Faixas de Declividades. Versão 02. Folha A089. Março/2021. Escala 1:20.000
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS.** Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Rio Branco do Sul - PR. Rio de Janeiro, 2015. 1 mapa, color. Escala 1:50.000.
- PATRIMÔNIO CULTURAL PARANÁ** - patrimoniocultural.pr.gov.br/Bem-Tombado/Gruta-de-Lancinha-em-Rio-Branco-do-Sul. Acesso em outubro de 2023.

SANTOS, N. O. F. - Viver sobre dolinas: A realidade dos moradores dos bairros Vazante Sul e Sebastiana Alves II do Município de Vazante, Minas Gerais. 2020.

SMMA - SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. Relatório de Inspeção Ambiental. Dezembro de 2017.

VAZ, L. F. - Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. 1996

ANEXOS

- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA GERAL (ESCALA 1:15.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 1 (ESCALA 1:10.000).
- CARTA GEOTÉCNICA DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO – FOLHA 2 (ESCALA 1:10.000).
- RELATÓRIO GEOFÍSICA

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, e 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->



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

