

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

Curral de Dentro, MG

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2026

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Arthur Cerqueira Valério

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Vilmar Medeiros Simões

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Vilmar Medeiros Simões (interino)

Diretor de Administração e Finanças

Vilmar Medeiros Simões (interino)

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

Patrícia Mara Lage Simões

Modelagem

Victor Augusto Hilquias Silva Alves

Douglas da Silva Cabral

Patrícia Mara Lage Simões

Execução

Victor Augusto Hilquias Silva Alves

Rafael Silva Araujo

Rodrigo Luiz Gallo Fernandes

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**

Curral de Dentro, MG

AUTORES

Victor Augusto Hilquias Silva Alves
Rafael Silva Araujo
Rodrigo Luiz Gallo Fernandes



Minas Gerais

2026

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. RESUMO	1
3. INTRODUÇÃO	2
4. OBJETIVOS	3
5. APLICABILIDADE E LIMITAÇÕES DE USO	3
6. MATERIAIS E MÉTODOS	4
7. DISPONIBILIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DOS DADOS FINAIS	7
7.1 PRODUTOS DISPONIBILIZADOS	7
7.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	8
7.2.1 GEOLOGIA, RELEVO E SOLOS	8
7.2.2. ÁREAS DE ESTUDO	10
Área 1 – Curral de Dentro	11
Área 2 – Maristela	11
7.3 MATERIAIS UTILIZADOS	12
7.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO	13
8. RESULTADOS	17
8.1. CLASSES DE APTIDÃO À URBANIZAÇÃO FRENTE A MOVIMENTOS DE MASSA, ENCHENTES E INUNDAÇÕES	18
8.2. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS	19
9. CONCLUSÃO	35
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	39

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, ao ordenamento territorial e à prevenção de desastres. Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) desempenha papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo principal objetivo é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, no aprimoramento e na execução de políticas voltadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rochas, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações voltadas à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação destinadas a agentes públicos e à sociedade em geral. Assim, com o espírito de inovação e o compromisso de promover a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações apresentadas neste relatório possam ser utilizadas em benefício do bem-estar da sociedade brasileira.

Vilmar Medeiros Simões

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 Curral de Dentro, MG, 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. Nele 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 Curral de Dentro-MG, realizada no ano de 2024, 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, 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 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).

6. 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 pré-campo, campo e pós-campo, 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/2024	Victor Alves/ Rafael Araujo / Rodrigo Fernandes
Campo – Etapa 2	Outubro/2024	Victor Alves/ Rafael Araujo / Rodrigo Fernandes
Laboratório - Etapa 1	Julho/2024	Victor Alves/ Rafael Araujo / Rodrigo Fernandes / Danielle Esteves (estagiária)
Laboratório - Etapa 2	Outubro/2024	Victor Alves / Danielle Esteves (estagiária)

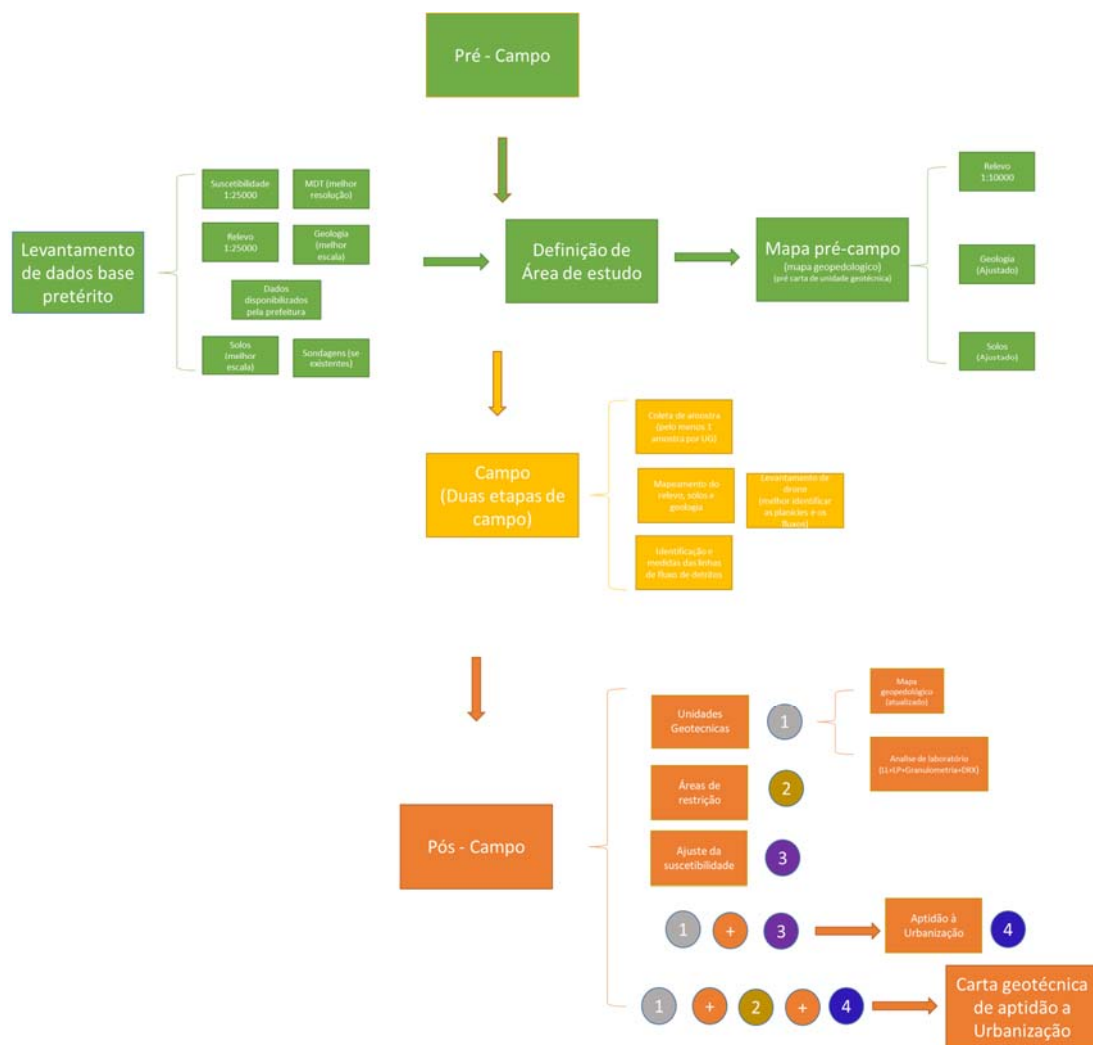


Figura 1 - Fluxo de processos executados durante o trabalho.

A metodologia utilizada durante os trabalhos (**figura 2**) foi adaptada do Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização (ANTONELLI, MEN EZES, *et al.*, 2021; FERREIRA *et al.*, 2025), 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.

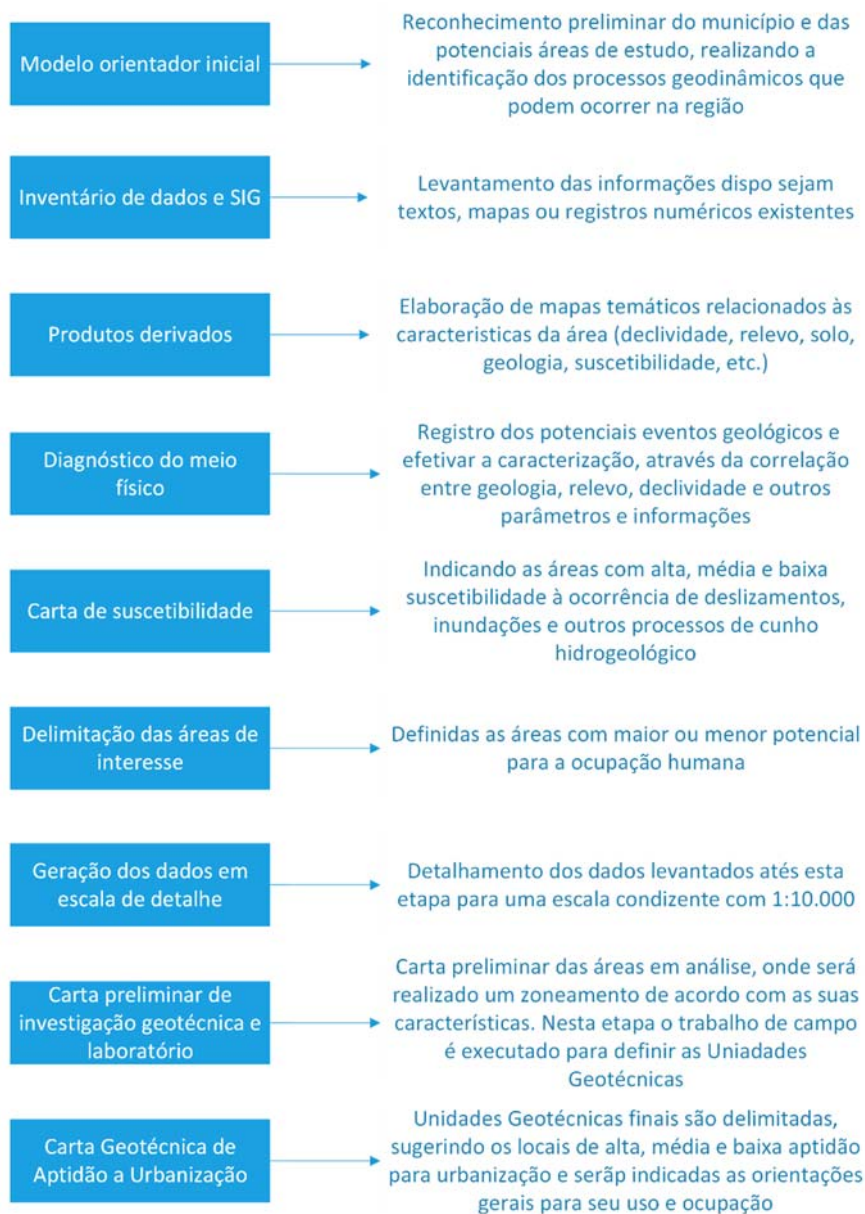


Figura 2 – Descrição da metodologia aplicada.

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 nome do município** 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 23S. Todos esses dados poderão ser acessados através do **Repositório Institucional de Geociências (RIGeo)**, no link www.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
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
Unidades_Geotecnicas_A	Polígonos das unidades geotécnicas mapeadas
Sub pasta Investigações e Coletas	
Amostragem_P	Informações dos materiais coletados em campo
Sond_Trado_P	Informações dos pontos nos quais foram realizadas sondagens à trado
Subpasta Pontos de Campo	
Pontos_de_Campo_P	Informações de todos os pontos de campo realizados

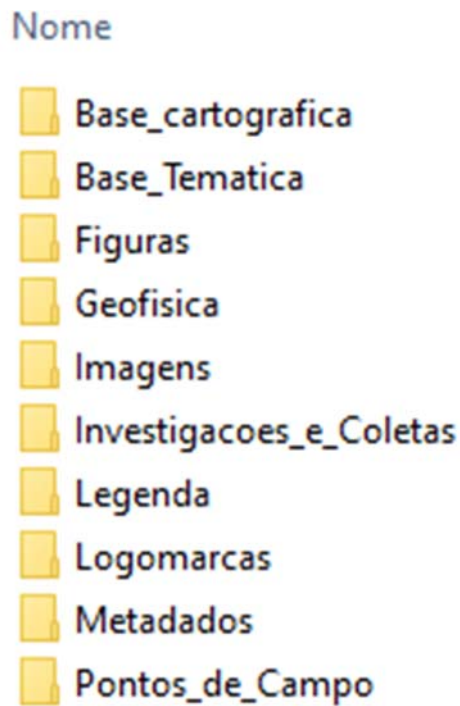


Figura 3 - Estruturação do SIG.

7.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

7.2.1 GEOLOGIA, RELEVO E SOLOS

O mapeamento geológico mais atualizado e detalhado disponível para Curral de Dentro, de que os autores têm conhecimento, foi realizado em 2000 no âmbito do “Projeto Leste”, correspondente à folha Curral de Dentro, na escala de 1:100.000 (Oliveira, 2000).

De acordo com este levantamento o substrato rochoso da área de estudo é composto exclusivamente por granitos. Na maior parte da região aflora o Granito Maristela, pertencente à Suíte Intrusiva Medina. Este granito apresenta coloração que varia de rosa-claro a amarelada, granulação grossa e composição principal de K-feldspato (20-73%), plagioclásio (2-40%), quartzo (3-30%), hornblenda (0-16%) e biotita (0-10%). São comuns veios pegmatíticos, graníticos e quartzo-feldspáticos de pequena espessura. Ao norte e noroeste da sede de Curral de Dentro, ocorre um contato entre essa unidade e o Granito Pajeú, caracterizado por coloração cinza-claro a esbranquiçada, granulação média a grossa, e composição de plagioclásio (30-50%), quartzo (20-30%), K-feldspato

(10-35%) e biotita (0-7%). Este granito também apresenta veios pegmatíticos e quartzo-feldspáticos, além de restos de biotita-gnaiss em forma de bandas.

As rochas supracitadas encontram-se recobertas por uma extensa camada de material detrítico-laterítico. O relevo predominante é suave a plano, com altitudes variando entre 750 e 900 metros, caracterizando um planalto. A exposição prolongada dessas rochas favoreceu o desenvolvimento de um espesso pacote de solo, composto majoritariamente por latossolos amarelos. Nas áreas de dissecação do relevo, principalmente ao longo das drenagens, é possível observar a transição gradual entre a rocha sã, o saprolito e a cobertura detrítico-laterítica.

Na localidade de Maristela essas rochas se apresentam mais rasas, possibilitando a formação de solos menos profundos e menos desenvolvidos, como os luvisolos (com argilominerais expansivos) e neossolos litólicos, frequentemente expostos em lajedos. Nos arredores dessa localidade, há vestígios de pedreiras desativadas utilizadas para a extração do granito Maristela, evidenciando a presença de grandes reservas ainda disponíveis.

Outro aspecto relevante da geomorfologia local é a presença de bacias endorreicas distribuídas por todo o município. Essas bacias originam pequenos lagos, que podem ou não ser influenciados por depósitos alúvio-coluvionares. Quando há influência desses depósitos, os solos formados podem variar entre neossolos quartzarênicos, de textura mais arenosa, e quando não existe essa influência formam-se gleissolos háplicos, mais argilosos. Ambos os tipos de solo apresentam características hidromórficas e são mal drenados.

No distrito de Maristela, é possível identificar a presença de uma sequência de terraços (aproximadamente 5 níveis) fluviais localizada a aproximadamente de 5 a 20 metros acima do nível do leito atual do rio. Em um desses terraços, foram registradas fraturas tectônicas que se agrupam em duas famílias principais, com orientações de 270/65 e 135/85 (medidas dip/dip). Além disso, observa-se que o rio apresenta, em diversos trechos, uma planície de inundação assimétrica e

mudanças significativas em sua direção, características que sugerem a influência de falhas.

A ocorrência de um comportamento rúptil em sedimentos mais recentes do que o Mioceno reforça a possibilidade de tensões neotectônicas ainda ativas na região. Contudo, para confirmar essa hipótese, seriam necessários estudos mais detalhados, incluindo análises geomorfológicas, estruturais e cronológicas

7.2.2. ÁREAS DE ESTUDO

Foram delimitadas duas áreas de estudo em Curral de Dentro, abarcando os maiores núcleos urbanos do município. Estes são o distrito sede, Curral de Dentro, localizado no extremo Sudoeste do município e o distrito de Maristela, localizado no extremo Leste do município.

Ao delimitar as áreas de estudo procurou-se englobar, com folga, os possíveis vetores de crescimento das localidades estudadas. Para isso observou-se o surgimento de novas ocupações ao longo do tempo. Como facilitadores do crescimento observou-se estradas e eixos de drenagens. Como limitadores tem-se a distância com relação ao núcleo urbano e a presença de obstáculos como encostas e drenagens sem pontes.

Tanto no caso do distrito sede quanto no caso de Maristela, outro limitador à extensão da área de estudo foi a divisa com os municípios vizinhos. Ambas localidades encontram-se nas bordas da área municipal, muito próximas às divisas. Devido à natureza do projeto de cartografia geotécnica, que é executado por município, não foi possível incluir regiões de municípios vizinhos nas áreas de estudo. Não obstante, é necessário pontuar que no distrito sede não há indícios de que a urbanização possa avançar para o município vizinho, já que a divisa está a aproximadamente 1km do núcleo urbano. Já em Maristela, a divisa é adjacente ao núcleo urbano (a Sudeste) e já existe ocupação incipiente do lado oposto.

A área do distrito sede foi denominada **Área 1** e a área de Maristela foi denominada **Área 2**. A área total analisada é de aproximadamente 25,4 km², o que corresponde a 4,2% do território municipal.

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

Área 1 – Curral de Dentro

Localiza-se na parte Sudoeste do município (**figura 4**). O relevo constitui-se de planaltos conservados, portanto, o terreno possui baixas declividades. Na porção Nordeste ocorrem planícies de inundação pouco extensas em cursos d'água intermitentes. A Norte, existem lagoas cujo nível varia bastante ao longo do ano, expondo as planícies lacustres. Nas cabeceiras de drenagem existem as rampas de alúvio-colúvio.

O substrato rochoso é majoritariamente o Granito Maristela. A Noroeste, ocorre o Granito Pajeú. Assim como em todo o entorno, na área de estudo essas litologias encontram-se cobertas por uma espessa camada de cobertura detrítico-laterítica e latossolos amarelos.

Área 2 – Maristela

Localiza-se no extremo Leste do município (**figura 4**). O relevo constitui-se de planaltos conservados, portanto, o terreno possui baixas declividades. Ao contrário da Área 1, que está majoritariamente no topo destes planaltos, a Área 2 é uma área de dissecação que acompanha uma drenagem. Por isso, a área de estudo tem o formato alongado. Também por este motivo a área é cortada por uma planície de inundação pouco extensa que acompanha este curso d'água. Esta planície está bordejada por rampas de aluvio-colúvio.

O substrato rochoso é o Granito Maristela. A Nordeste (margem esquerda do curso d'água) o granito aflora em lajedos e grandes blocos arredondados. O solo é pouco espesso (luvisolos e neossolos litólicos). A Sudoeste (margem direita) a cobertura de solo é mais espessa, ainda assim, encontram-se alguns lajedos e blocos arredondados de granito.

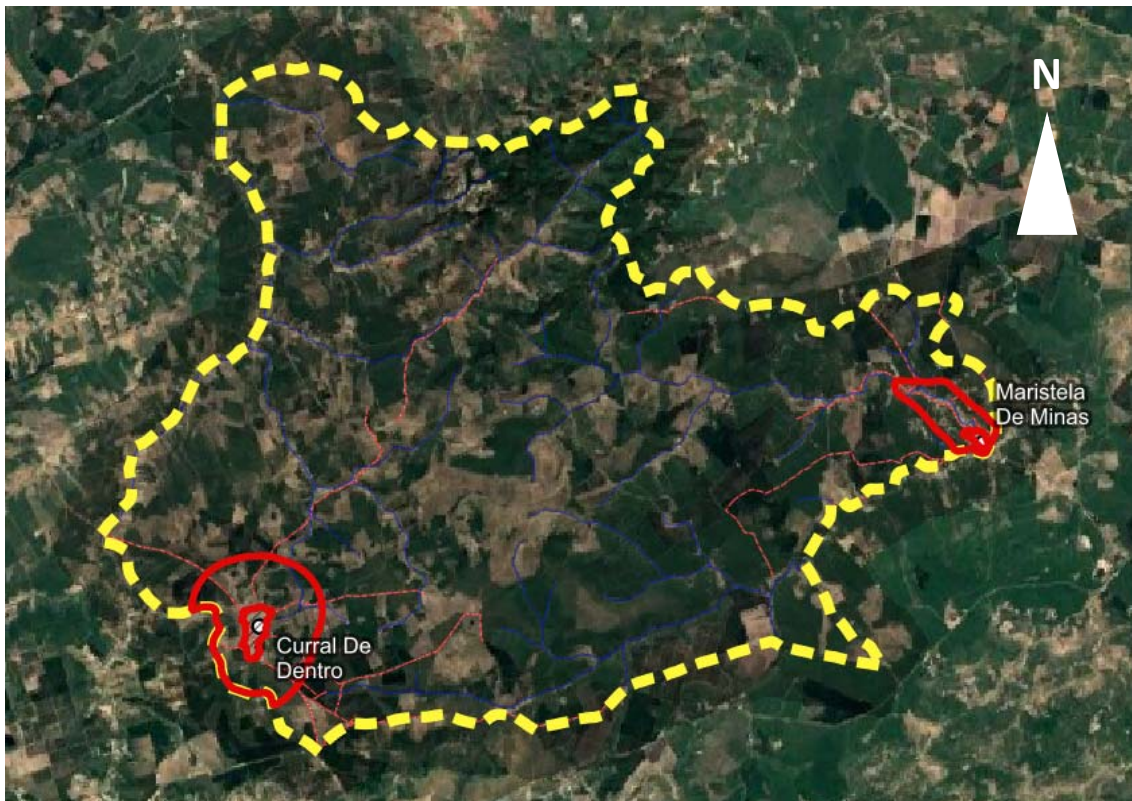


Figura 4. Mapa de localização das áreas de estudo (vermelho) em curral de dentro (amarelo pontilhado).

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;
- Mapas geológicos (Mapa geológico do estado de Minas Gerais, Silva et al, 2020) na escala 1: 1.000.000;
- Mapa de Coberturas Superficiais elaborados com dados de campo;
- Mapa de solos na escala 1:250.000 produzidos pelo IBGE (2015)

- 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);

Vale ressaltar que os dados topográficos utilizados para gerar as modelagens, mapas de declividade, hipsométrico e relevo, são provenientes Modelos Digitais de Elevação (MDE). Devido a ausência de dados topográficos compatíveis com a escala de trabalho, foi utilizado o Modelos Digitais de Elevação (MDE) Copérnicus¹ com resolução espacial de 30 m.

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

7.4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Durante as atividades de campo foram coletadas 23 amostras de campo. Estas amostras foram analisadas em paralelo pelo Laboratório de Análise Mineral (Lamin) e no Laboratório de Mecânica dos Solos (Lameso), ambos do Serviço Geológico do Brasil. As análises realizadas no Lamin foram executadas no município de Manaus, AM, enquanto as demais análises foram feitas na unidade do Lameso, localizado no município do Rio de Janeiro, RJ, e de Goiânia, GO.

As análises realizadas no Lamin foram para a avaliação granulométrica do material fino, e Difractometria de Raio X (DRX), este último, para identificação dos tipos de argilomineral encontradas nos solos.

Nas análises granulométricas dos finos, foi usado a metodologia por espalhamento a laser para partículas entre 0,02 a 1000 μ m. O equipamento

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

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).

Nas análises de DRX foi utilizado o método de diferenciação a partir do comparativo das distâncias interplanares das argilas orientadas em lâminas em seu estado natural, glicoladas e calcinadas. A fração argila das amostras é concentrada pelas seguintes etapas: banho ultrassônico, peneiramento (0,063mm) e centrifugação. As análises foram realizadas no difratômetro de raios-x modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), da PANalytical, com Goniômetro PW3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios-x cerâmico de ânodo de Cu ($K\alpha_1$ 1,5406 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 2200W, 60kv. O detector utilizado é do tipo RTMS, Pixcel/1D. A aquisição de dados foi feita com o *software* X'Pert Data Collector, versão 2.1. Foram utilizadas as seguintes condições de análise: Voltage (kV): 40; Current (mA): 40; Scan range ($^{\circ} 2\theta$): 2-35; Step size ($^{\circ} 2\theta$): 0,026; Scan mode: Continuous; Time per Step (s): 100; Divergence slit: Slit Fixed $1/8^{\circ}$; Mask Fixed 20 mm; Anti-scatter slit Name: 5,7mm.

As amostras enviadas ao Lameso foram ensaiadas conforme indicado na **Tabela 3**, que apresenta os tipos de ensaios realizados e as respectivas normas técnicas seguidas. Esses ensaios forneceram subsídios para a caracterização dos solos das áreas de estudo, classificados segundo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

Além disso, foi calculado o **Índice de Atividade das Argilas** (Skempton, 1953), conforme a **Equação 1**. Esse índice (I_a) indica o grau de atividade das argilas presentes no solo analisado, permitindo classificá-las como inativas ($I_a < 0,7$), normais ($0,7 \leq I_a \leq 1,25$) ou ativas ($I_a > 1,25$), sendo estas últimas expansivas.

$$I_a = IP \div (\% \leq 2\mu m)$$

Equação 1 - Índice de atividade da argila (Skempton, 1953).

Onde:

IP é o índice de Plasticidade

%<2µm representa o percentual de partículas argilosas menores que 2 micrômetros.

Outro Índice, que podemos retirar dos ensaios é o de Consistência (ABNT, 2022) (IC, **equação 2**) para os solos finos. que Ele determina o quão consistente é o solo analisado, variando de muito mole (IC = 0), Mole (0 <Ic<0,50), Média (0,50 <Ic<0,75), Rija (0,75 <Ic<1,00) e Dura (Ic>1,00).

$$IC = (LL - w) \div IP$$

Equação 2 - Índice de consistência (ABNT, 2022).

onde:

LL é o Limite de Liquidez

w é o teor de umidade

IP é o índice de plasticidade

Com base nos trabalhos de Terzaghi e Peck (1948), é possível correlacionar empiricamente o IC ao número de golpes obtidos no ensaio de penetração dinâmica (N-SPT), como mostrado na **Tabela 3**. Esses dados são fundamentais para a classificação e definição das unidades geotécnicas, permitindo a avaliação de suas aptidões para urbanização.

Tabela 3 - correlação empírica entre IC, N SPT e RCS (resistência à compressão simples)(Terzaghi e Peck, 1948)

Consistência da Argila	N SPT	RCS (kgf/cm ²)
Muito Mole	< 2	< 0,25
Mole	3 – 5	0,25 - 0,5
Média	6 – 10	0,5 - 1,5
Rija	11 – 19	1,5 – 4,0
Dura	> 19	> 4,0

Outra característica que podemos tirar dos ensaios é a sua suscetibilidade à erosão. Sabe-se que os solos apresentam diferentes graus de erodibilidade devido às suas características físicas e químicas. Segundo Alcântara (1997), os teores de material fino e o índice de plasticidade desempenham um papel fundamental na determinação do grau de erodibilidade de um solo. A classificação é feita com base nos seguintes critérios:

Percentual de material fino que passa na peneira #200 (%pass. #200):

- **Baixa erodibilidade:** %pass. #200 > 55%;
- **Média erodibilidade:** 35% < %pass. #200 ≤ 55%;
- **Alta erodibilidade:** %pass. #200 < 35%.

Índice de Plasticidade (IP):

- **Baixa erodibilidade:** IP > 10;
- **Média erodibilidade:** 5 < IP ≤ 10;
- **Alta erodibilidade:** IP < 5.

Tabela 4. 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)
Caracterização Mineral por Difractometria de Raios-X (DRX)	
Limites de Atterberg (limite de liquidez - LL e limite de plasticidade - LP)	LL: Norma 6459 (ABNT, 2016) LP: Norma 7180 (ABNT, 2016)

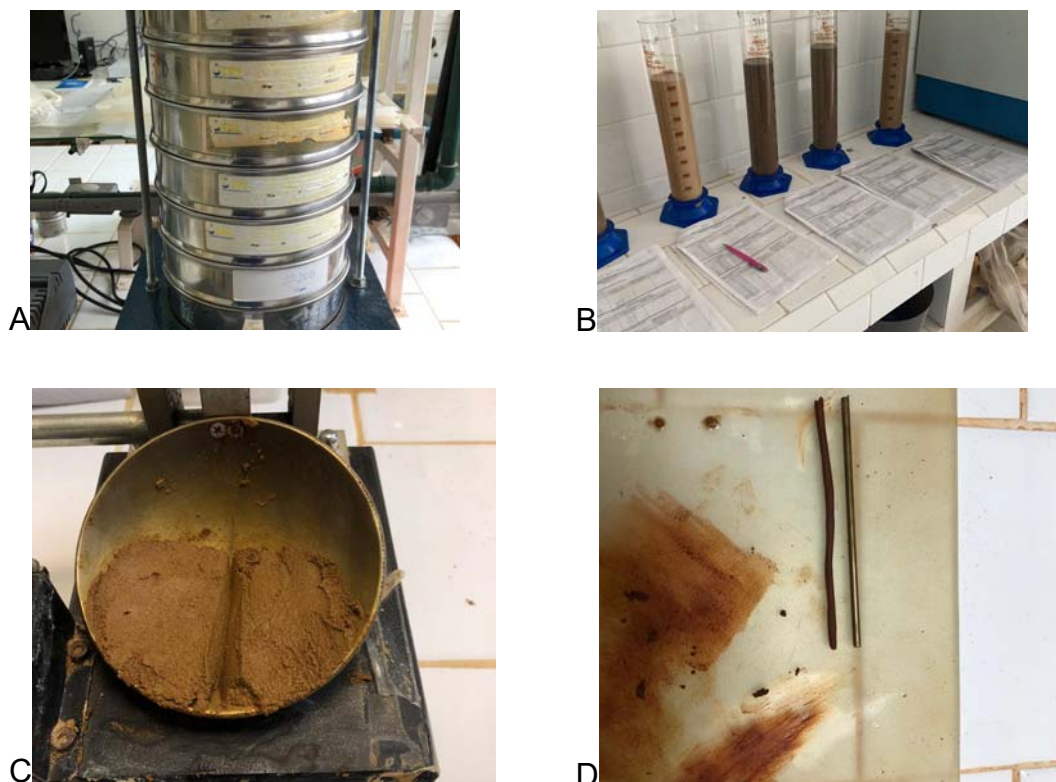


Figura 5. Ensaio realizados: (A) Granulometria, (B) Sedimentação, (C) Limite de Liquidez (LL) e (D) Limite de Plasticidade (LP).

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 (consolidado ou não), com as coberturas inconsolidadas (solos) mais os ensaios de caracterização geotécnica. 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.

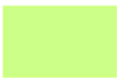


A seguir são descritas as principais características das áreas aptas e das unidades geotécnicas, identificadas no município.

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

Esta etapa avalia as condições do terreno visando o planejamento urbano, com uma abordagem focada em desastres naturais. A aptidão leva em consideração a suscetibilidade, que apresenta a propensão do terreno à ocorrência de deslizamentos e inundações, e as unidades geotécnicas, que possam caracterizar o terreno como propenso, eventualmente, a processos naturais específicos, tais como colapso (solos colapsáveis) ou grandes recalques (argilas moles).

As classes de aptidão são apresentadas na **Tabela 5**.

Tabela 5. 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

Tanto na área 1 como na área 2, nota-se que a maior parte da área de estudo tem aptidão **alta** para ocupação. Isto se deve ao relevo de planalto com declividades suaves. Há poucas encostas apontadas pelo modelo de suscetibilidade como suficientemente íngremes ou curvas para gerar movimentos de massa. Também há uma grande espessura de solo, bem drenado e facilmente escavável, que não apresentou nas amostras coletadas nenhum tipo de mineral expansivo.

As áreas de **média** aptidão constituem as poucas encostas íngremes da área, acrescidas das rampas de aluvio-colúvio - que possuem solos muito arenosos mais sujeitos a erosão e declividades mais acentuadas.

As áreas de **baixa** aptidão são as planícies de inundação ou lacustres. Como o nível dos lagos varia muito durante o ano, nos períodos de seca observa-se vestígios de atividades humanas no leito, como extração de areia. Porém, não há ocupação a não ser nas margens. O estado dos cursos d'água também varia bastante sazonalmente, sendo muitos deles intermitentes. Existem diversos barramentos ao longo desses cursos d'água, executados para agricultura e pecuária, aparentemente sem técnica de engenharia. Além do risco de inundação, nessas planícies existe o risco de enxurradas causadas por eventuais rompimentos destes barramentos, fato este que já ocorreu em Maristela em 2021.

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 ao substrato.

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 7 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.

UG Alúvio-Colúvio - UG_AI-Co

Essas unidades são caracterizadas por depósitos alúvio-coluvionares dispostos em formas de rampas, com declividades variando entre 5° e 10°. Esses depósitos são compostos por sedimentos não consolidados, que, em áreas mais estáveis, podem evoluir para a formação de cambissolos háplicos.

De modo geral, os depósitos não apresentam uma cobertura de solo consolidada, sendo frequentemente constituídos por sedimentos arenosos ou areno-siltosos, que podem variar entre mal e bem selecionados. Quando há maior influência gravitacional (como nos pontos 26 e 27, **Figura 6**), predominam sedimentos arenosos, mais suscetíveis à erosão. Por outro lado, em áreas com maior influência aluvionar (como no ponto 1, **Figura 7**), formam-se depósitos de sedimentos siltosos, que podem apresentar baixa a alta plasticidade, ou areno-argilosos.

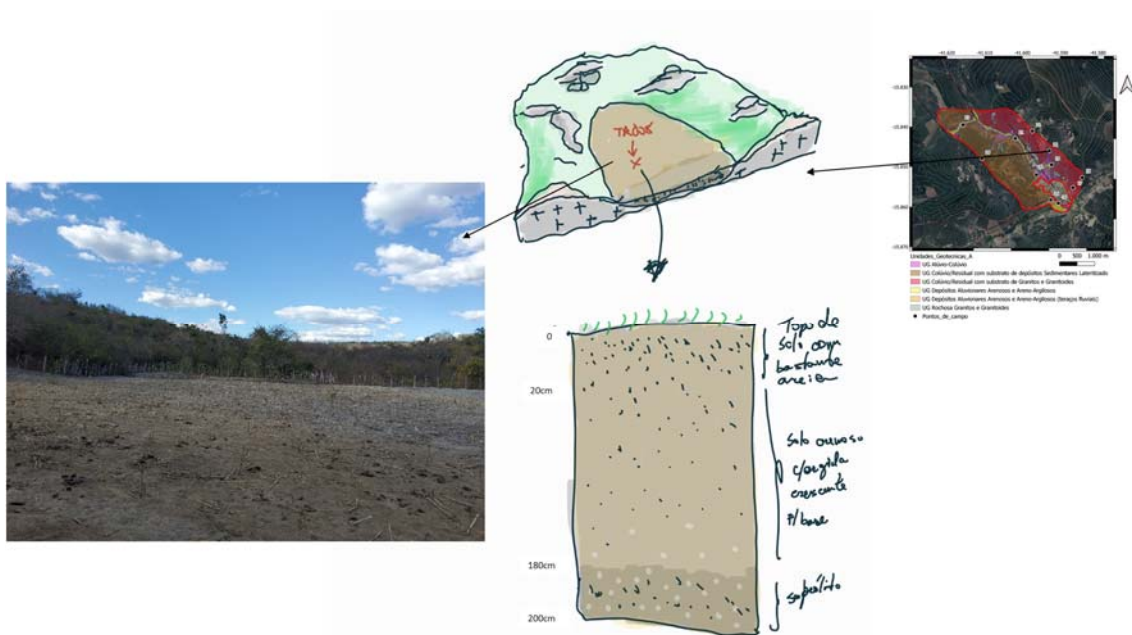


Figura 6 - Localização (ponto 26) desenho esquemático e perfil estratigráfico da rampa de alúvio-colúvio arenosa.

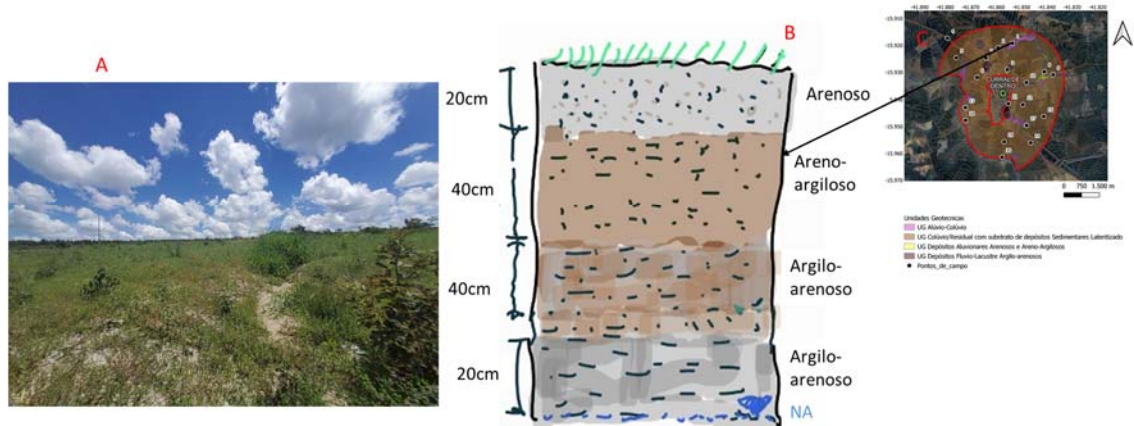


Figura 7 - (A) - Foto da rampa de alúvio-colúvio; (B) - Perfil estratigráfico feito em campo; (C) - Localização no município de Curral de dentro do ponto de campo.

Depósitos mais arenosos (pontos 26 e 27) demonstram maior suscetibilidade à erosão devido à sua granulometria (**Figura 8**). Em algumas amostras coletadas, foi observado um índice de atividade (IA) superior a 1,25, indicando a presença de argilas expansivas, como no ponto 1, por exemplo.

Essas áreas são relativamente instáveis, mesmo apresentando baixa declividade, devido à natureza inconsolidada dos materiais e à sua propensão a concentrar o escoamento superficial de água. Essa instabilidade, associada à alta suscetibilidade à erosão em algumas regiões, reduz significativamente a aptidão dessas áreas para usos específicos, como urbanização ou atividades agrícolas.

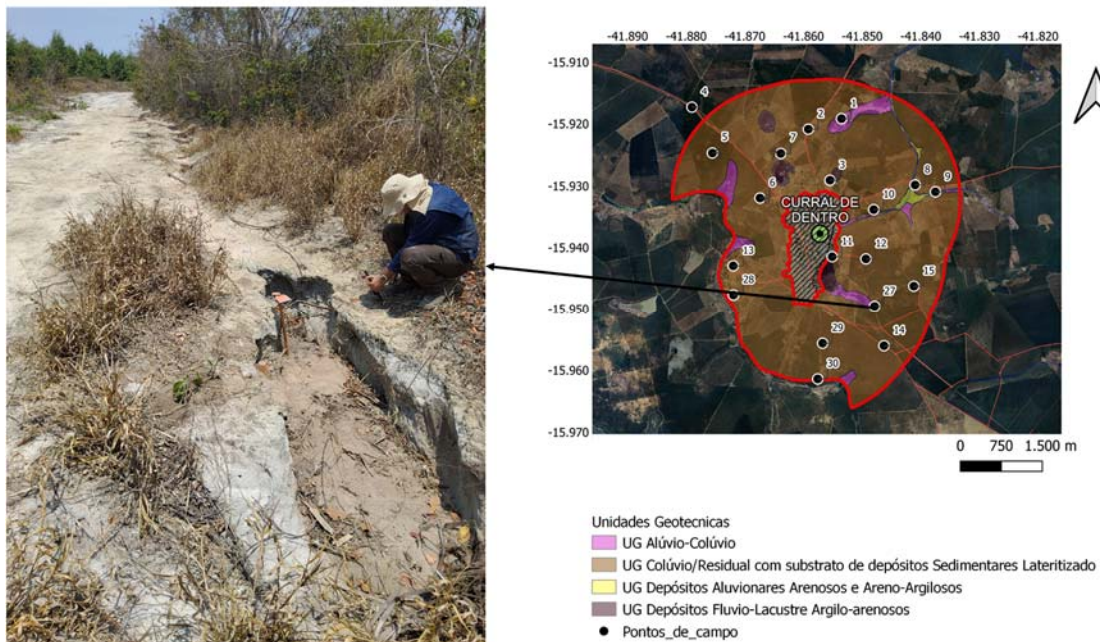


Figura 8 - Erosão em material inconsolidado arenoso formando rampas de alúvio - colúvio.

UG Colúvio/Residual com substrato de depósitos Sedimentares Lateritizado - UG_Co-SR/Lat

A unidade que ocupa a maior parte do município está localizada no topo do planalto, sustentado por rochas ígneas plutônicas representadas pelos granitos Pajeú e Maristela. Devido à posição favorável do relevo para infiltração de água, formam-se espessos mantos de intemperismo lateríticos, resultado de intensos processos de lixiviação do solo que recobre o topo do planalto. Esses mantos consistem, predominantemente, em uma sequência vertical que inclui, do topo para a base: latossolos amarelos (horizontes A-AB-Bw), crostas lateríticas (com consolidação variando de alta a baixa), horizontes mosqueados e saprolito (ponto 10, **figura 9**).

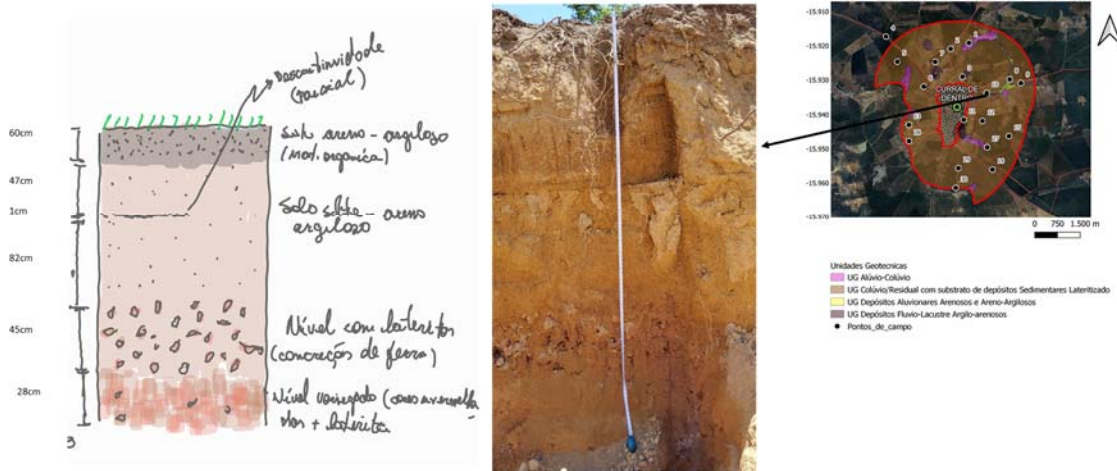


Figura 9 - Ponto 10, solo residual sobre latossolo amarelo. Perfil de alteração.

A espessura média desses latossolos até as crostas lateríticas variam entre 2,35 mts a 4,00 mts. Essa sequência apresenta variações dependendo da posição no relevo (**figura 10**). Nas bordas do planalto, onde ocorre a quebra do relevo, o manto de alteração é mais delgado e pode conter material coluvionar, frequentemente pedogenizado em cambissolos háplicos, ou até neossolos regolíticos, em áreas de maior declividade. Outra característica importante é a presença mais marcante de lateritas no topo, à medida que se desce a cota topográfica do planalto (**figura 11**).

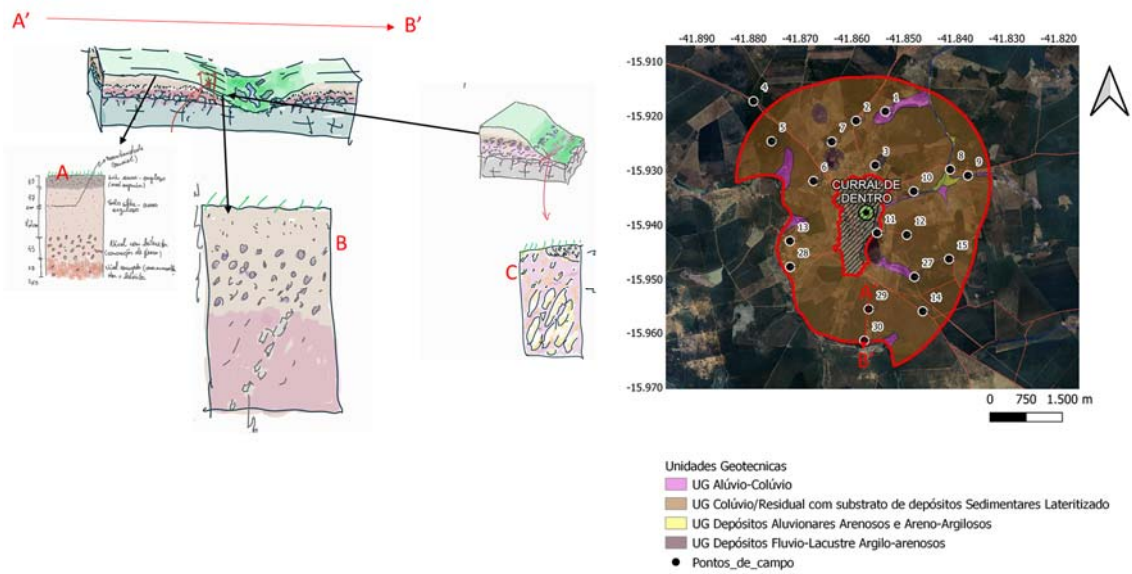


Figura 10 - Seção esquemática mostrando a variação do manto de alteração com a quebra de relevo. A - Topo de planalto - perfil completo, Horizonte A, Bw, Horizonte laterítico, horizonte mosqueado e saprolito; B - Descida do planalto - perfil de colúvio (pedogenizado em cambissolo háplico, A-Bi), horizonte laterítico e saprolítico; C - Parte baixa do planalto com o perfil incompleto, formado de colúvio, lateritas e saprolito.



Figura 11 - Concreções lateríticas mais expostas em quebra de relevo.

Os solos derivados desse manto de alteração, sejam de origem coluvionar ou eluvionar, são predominantemente siltosos de alta plasticidade. Entretanto, em

alguns pontos podem apresentar baixa plasticidade ou serem mais arenosos (ponto 10). Sua consistência foi classificada como dura.

A erodibilidade desses solos, em geral, é baixa, mas horizontes específicos, como os mosqueados e o saprolito, podem ser mais suscetíveis à erosão quando expostos, especialmente em áreas de quebra de relevo ou cortes próximos a diferenças de amplitude topográfica.

No geral, esses terrenos apresentam boas condições para construções, devido ao alto suporte ($RCS > 4$), e à boa drenabilidade dos latossolos, além de serem facilmente escaváveis. Contudo, as concreções lateríticas, tanto em profundidade quanto em superfícies mais próximas, podem gerar desafios geotécnicos, tais como:

- Dificuldades na terraplanagem, devido à dureza excessiva;
- Obstáculos na construção de fundações, pela alta resistência ou inconsistência lateral dos estratos;
- Barreiras impermeáveis, que dificultam a infiltração de água nos horizontes mais profundos e podem gerar problemas de escoamento superficial quando expostos.

Esses fatores reforçam a necessidade de uma análise detalhada antes de qualquer intervenção geotécnica ou urbanística nessas áreas, mesmo sendo o local, uma boa área de aptidão para urbanização.

UG Colúvio/Residual com substrato de Granitos e Granitóides - UG_Co-SR/Gr

Essa unidade está restrita à região do distrito de Maristela, localizada na vertente nordeste do vale onde o distrito se encontra. A declividade dessa área é baixa, variando em média entre 5° e 10° , com a formação de solos rasos. Nessa região predominam os luvisolos, solos minerais com argilas de alta atividade (argilas expansivas), tendo como solos associados, os argissolos amarelos eutróficos e neossolos litólicos. Nas áreas mais planas, com declividades inferiores a 5° , podem se formar latossolos amarelos.

O perfil de alteração mais comum apresenta a seguinte sequência, do topo para a base:

1. Solos residuais (luvisolos e argissolos) com horizontes A-AB-Bt-BC-C;
2. Saprolitos;
3. Rocha sã.

Este perfil varia conforme a posição no relevo, podendo incluir:

- Solos transportados (colúvios pedogenizados): Perfis A-Bi-C e rocha alterada;
- Solos residuais (latossolos amarelos): Perfis A-AB-Bw-BC-C (ponto 18, **figura 12**), geralmente encontrados em áreas mais planas.

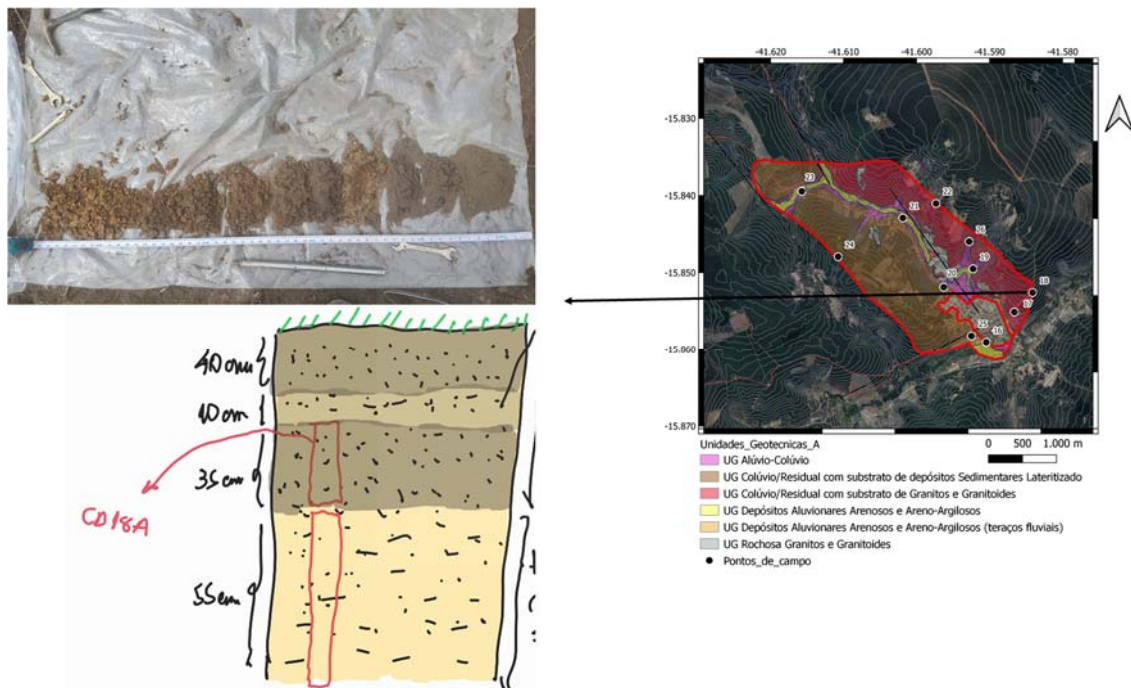


Figura 12 - Solos residuais (latossolos amarelos) e perfil de alteração (profundidade). 0 cm - 40 cm - porção areno-argilosa cor marrom; 40 cm - 50 cm- material areno-argiloso mais clara; 50 cm - 85 cm material areno-argiloso de cor marrom ; 85 cm - 140cm material silto-arenoso de cor amarela.

No ponto 17 (**figura 13**), foi analisado o perfil de um luvissolo. Os resultados laboratoriais indicaram um Índice de Atividade (IA) de 3,96 no horizonte A e 4,07 no horizonte Bt, sugerindo a presença de minerais expansivos. Esses minerais

podem causar problemas em fundações, pavimentos e estruturas enterradas devido ao comportamento de inchamento e retração, sendo necessários estudos mais detalhados para identificação mineralógica antes da realização de obras.

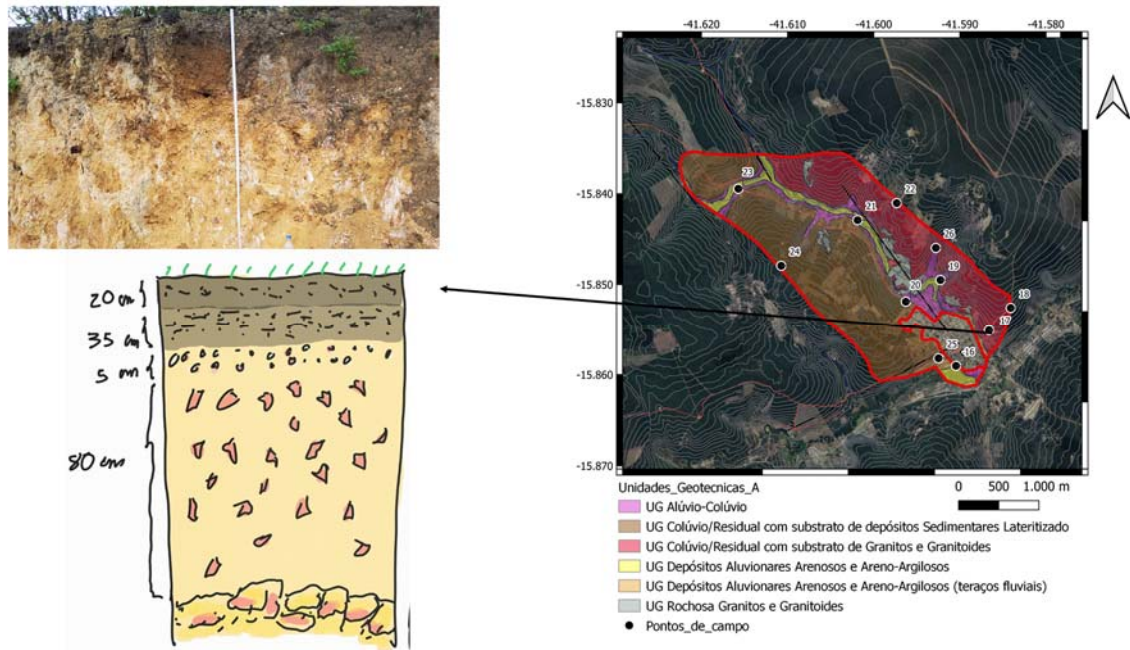


Figura 13 - Ponto 17, apresenta perfil de alteração de solo residual (luvissole), 0 cm - 20 cm - solo areno-siltoso cor marrom com matéria orgânica (horizonte A); 20 cm - 55 cm - material silto-arenoso de cor marrom (horizonte AB); 55 cm - 140cm - material silto arenoso cor amarela com muitos minerais e seixos (estrutura prismática, horizonte Bt); 140 cm - 155 cm - rocha alterada de cor variegada.

Os solos da unidade são, em sua maioria, siltosos com alta plasticidade e consistência dura, apresentando um RCS estimado acima de 4. Esses solos, no geral, possuem boa escavabilidade, com exceção dos neossolos litólicos, que podem apresentar maior dificuldade devido à proximidade do substrato rochoso. A unidade apresenta alta suscetibilidade à erosão, sendo essa mais crítica em áreas com neossolos litólicos, enquanto os latossolos, por sua maior resistência, são menos suscetíveis. Em obras que demandam fundações de grande porte, a pouca espessura do solo pode representar um problema, principalmente em áreas com neossolos litólicos, onde a resistência é variável e o substrato está mais próximo. Nessas condições, as fundações podem enfrentar desafios adicionais. Além disso, os neossolos associados podem apresentar dificuldades

em operações de terraplenagem, sobretudo devido à presença de afloramentos rochosos e substrato raso.

Diante disso, recomenda-se a realização de investigações geotécnicas detalhadas, incluindo sondagens SPT e rotativas, para melhor compreensão das condições do solo e da rocha, e para uma classificação geotécnica ajustada ao tipo de obra proposta. Áreas com potencial para argilas expansivas devem ser estabilizadas antes da construção, com a implementação de sistemas de drenagem eficientes e proteção contra erosão. Para o planejamento de obras, sugere-se priorizar o uso de latossolos, que oferecem maior espessura e melhor suporte para estruturas maiores, e evitar ocupações intensivas em áreas dominadas por neossolos litólicos, onde os desafios geotécnicos são mais evidentes.

UG Depósitos Aluvionares Arenosos e Areno-Argilosos - UG_AI-ar.ag

Essa unidade é caracterizada por depósitos aluvionares com declividades suaves, variando entre 0° e 5°. Esses depósitos são compostos por material não consolidado, frequentemente desprovido de cobertura de solo, embora possam estar associados a neossolos flúvicos.

Os sedimentos são predominantemente areias-siltosas, com granulometria que varia de mal a bem graduada (**figura 14 e 15**). Esses materiais apresentam alta suscetibilidade à erosão, mas possuem média a baixa capacidade de suporte.

Devido à sua localização em áreas de influência direta dos rios, essas regiões possuem elevada suscetibilidade a inundações, sendo particularmente vulneráveis em períodos de cheias. As planícies aluvionares associadas a esses depósitos não são muito extensas e estão geralmente delimitadas por depósitos coluvionares em formato de rampas, que marcam a transição para terrenos de maior declividade.

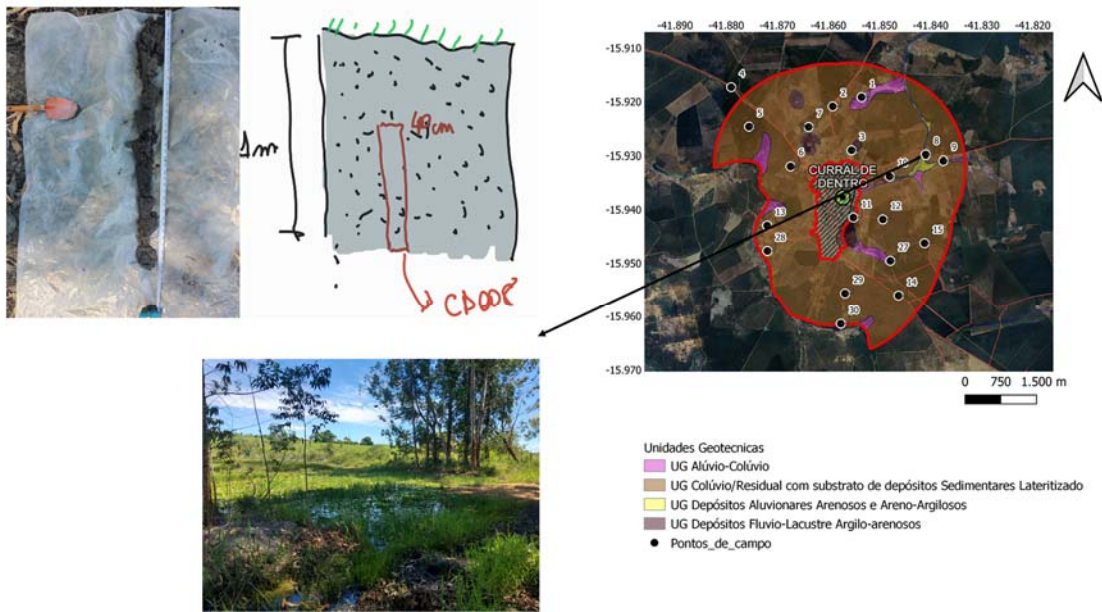


Figura 14 - Planície de inundação sustentada por sedimentos areno-siltosos bem graduados com presença de Neossolo flúvico.

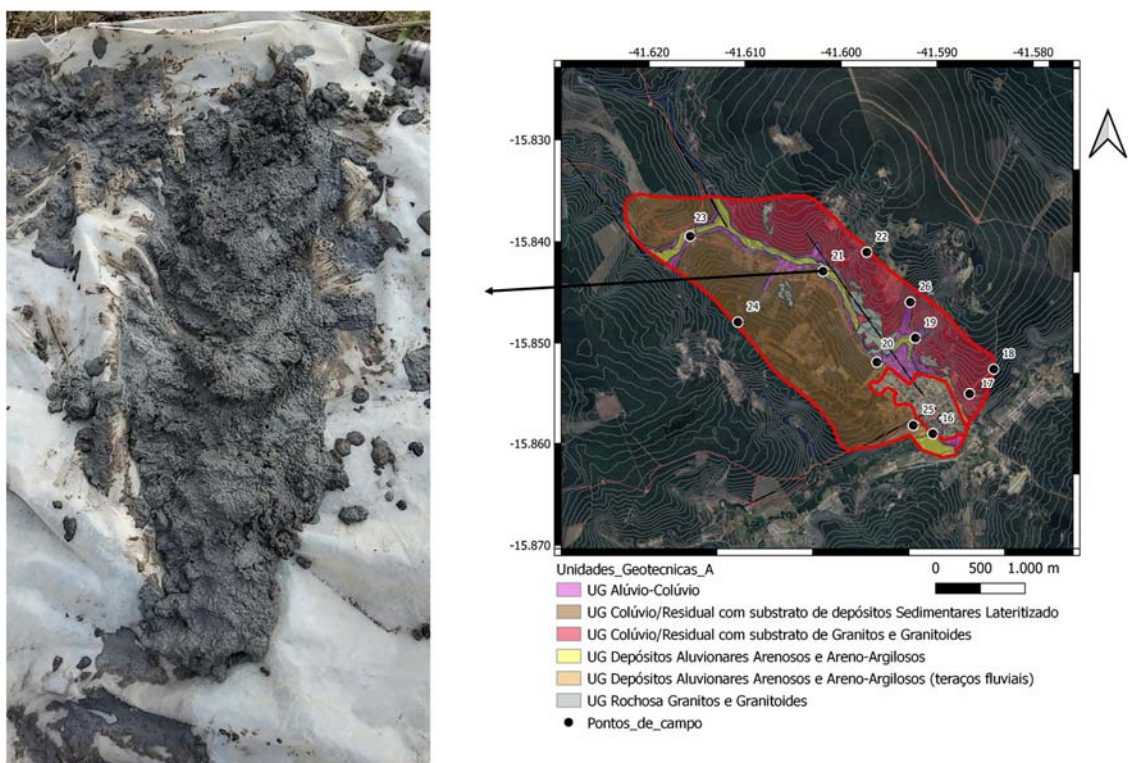


Figura 15 - Planície de inundação sustentada por sedimentos areno-siltosos mal graduados.

UG Depósitos Aluvionares Arenosos e Areno-Argilosos (terraços fluviais) - UG_AI(t)-ar.ag

Esses depósitos são pontuais e estão restritos ao distrito de Maristela. Trata-se de sedimentos fluviais dispostos em camadas distintas (**figura 16**). Na base, predominam camadas areno-siltosas, frequentemente intercaladas com linhas de seixos arredondados, enquanto, no topo, são encontrados níveis mais argilosos.

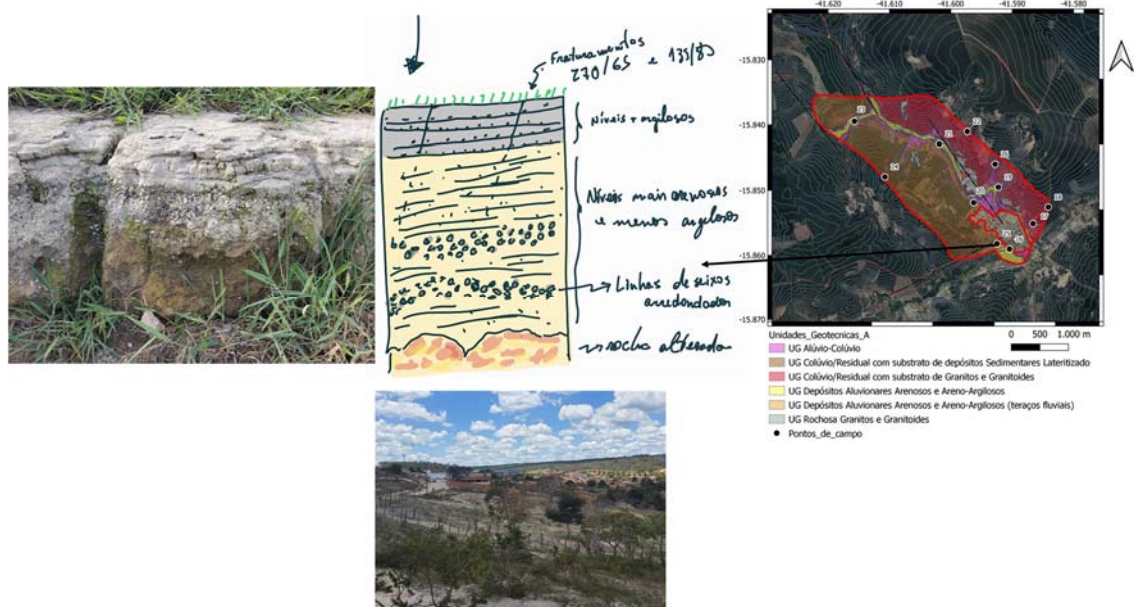


Figura 16 - Terraço fluvial disposto em camadas da base para o topo: Siltes e areias com seixos arredondados mal selecionados de cor cinza; siltes e areias com estratificação cruzada a plano paralela; argilas e siltes pouco arenoso com estratificação plano paralela.

Foram identificadas fraturas tectônicas que cortam essas camadas, com orientações NE-SW e N-S, apresentando mergulho de 85°. Além disso, observou-se a presença de cinco níveis de terraços fluviais. O terraço mais antigo está localizado a aproximadamente 20 metros acima do leito atual do rio e apresenta, em seu topo, uma cobertura de solo raso classificada como cambissolo flúvico.

Esses materiais são altamente suscetíveis à erosão, em especial nas camadas inferiores, devido à sua má seleção granulométrica e à elevada concentração de

silte (**figura 17**). Essa suscetibilidade deve ser considerada no planejamento de ocupações e intervenções na área.

A presença dos terraços, associada aos lineamentos, fraturas tectônicas identificadas e assimetrias na drenagem local, pode indicar uma atividade tectônica fraca em andamento na região. Contudo, estudos complementares são necessários para confirmar essa hipótese e compreender a magnitude e os impactos dessa possível ação tectônica.



Figura 17 - Sulcos e ravinas formadas no terraço devido a má drenagem superficial.

UG Depósitos Fluvio-Lacustre Argilo-arenosos/Arenosos - UG_FLc-ag.ar

Esses depósitos são formados em bacias endorreicas localizadas no topo dos planaltos, originando depósitos lacustres cuja composição pode variar. Eles são predominantemente argilosos ou siltosos de alta plasticidade (**figura 18**) ou, quando influenciados por fontes externas, como depósitos coluvionares, podem apresentar-se como areno-argilosos mal selecionados (**figura 19**).

Os solos subjacentes são, em sua maioria, gleissolos háplicos ou neossolos quartzarênicos, ambos classificados como hidromórficos. A predominância de um ou outro depende da presença ou ausência de depósitos coluvionares adjacentes.

Esses depósitos possuem baixa resistência à compressão, tornando-os altamente suscetíveis a recalques diferenciais, especialmente em áreas submetidas a cargas estruturais. O lençol freático está quase aflorante, o que contribui ainda mais para a instabilidade do terreno, sobretudo em áreas ocupadas de forma inadequada.

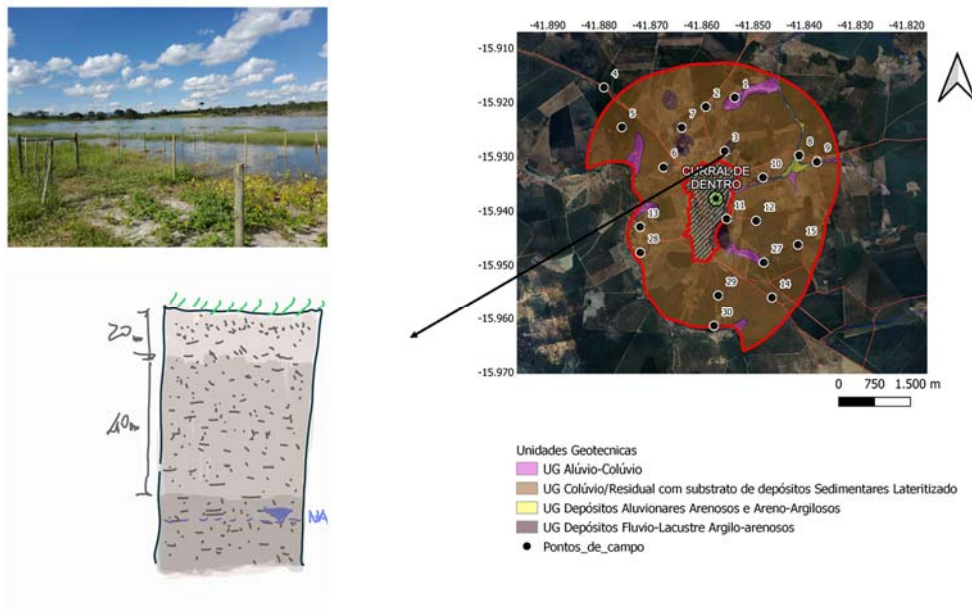


Figura 18 - Planície lacustre formada em bacia endorreica sustentada por solos argilosos com matéria orgânica.

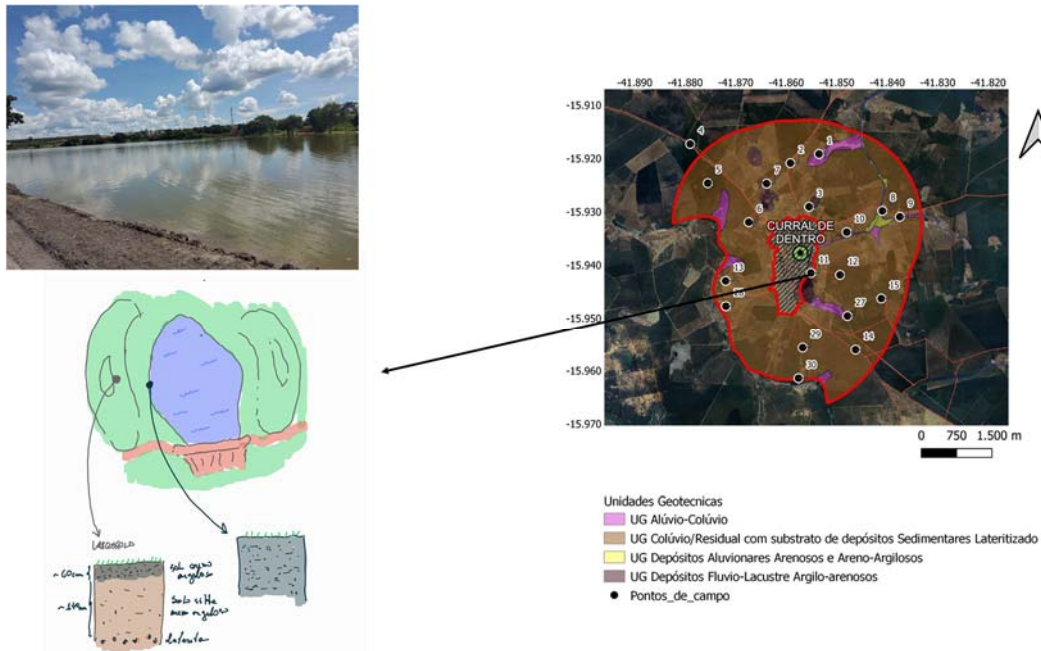


Figura 19 - Planície lacustre com influência sedimentar de rampas alúvio-colúvionares sustentadas por sedimentos areno-siltosos mal selecionados.

Outro aspecto importante é a variação sazonal do nível das lagoas. Durante os períodos secos prolongados, característicos da região, o nível das lagoas pode baixar significativamente, expondo áreas originalmente alagadas. Essas zonas, se ocupadas de forma equivocada, tornam-se vulneráveis a problemas de instabilidade estrutural, recalques e dificuldades no manejo do solo.

Além disso, os sedimentos dessa unidade podem conter argilas expansivas, conforme identificado no ponto 3, onde o Índice de Atividade (IA) variou entre 1,44 e 2,8. Esse comportamento de expansão e retração agrava ainda mais os problemas de recalque e instabilidade, aumentando o risco para fundações, pavimentos e outras estruturas.

UG Rochosa Granitos e Granitóides - UG_RO-Gr

As unidades formadas por lajedos são sustentadas por rochas da Suíte Intrusiva Medina, representadas pelos granitos Maristela, ocorrendo de forma pontual no distrito de mesmo nome. Essas formações possuem declividade suave, variando entre 0° e 5°, geralmente desprovidas de cobertura de solo, com vegetação de cerrado surgindo diretamente da rocha exposta (figuras 20 e 21).

O granito Maristela apresenta coloração que varia de rosa-claro a amarelada, granulação grossa e uma composição mineralógica composta por K-feldspato (20-73%), plagioclásio (2-40%), quartzo (3-30%), hornblenda (0-16%) e biotita (0-10%) (Oliveira, 2000).

Esses lajedos possuem alta capacidade de suporte e compressão, sendo materiais altamente estáveis e resistentes. Apresentam baixa suscetibilidade à erosão, devido à sua composição e estrutura consolidada, tornando-os ideais para suportar cargas pesadas. Contudo, possuem muito baixa escavabilidade, o que dificulta intervenções como a instalação de tubulações (esgoto e água), postes de energia e certos tipos de fundações.

A resistência desse granito, embora favorável à estabilidade estrutural, impõe desafios técnicos e financeiros em obras de infraestrutura, exigindo o uso de maquinário especializado para perfurações e cortes, o que pode aumentar significativamente os custos e prazos das intervenções.



Figura 20 - Blocos sobre lajedado do granito Maristela.



Figura 20 - Lajedo do granito Maristela na margem esquerda do curso d'água (indicado por seta vermelha).

9. CONCLUSÃO

O presente relatório, ao abordar detalhadamente as características geotécnicas do município de Curral de Dentro - MG, cumpre com o objetivo de fornecer subsídios técnicos que orientem o planejamento urbano sustentável e a prevenção de desastres naturais. A identificação e caracterização das unidades geotécnicas destacaram a diversidade de comportamentos dos terrenos em função de suas propriedades geológicas, geomorfológicas e pedológicas, permitindo a definição de classes de aptidão para urbanização.

As áreas com alta aptidão são predominantes, apresentando terrenos bem drenados, com solos espessos e alta capacidade de suporte, características ideais para ocupações urbanas com menor risco de deslizamentos ou inundações. Por outro lado, as áreas de média e baixa aptidão requerem intervenções específicas ou são indicadas para usos alternativos, devido à

presença de rampas aluvio-coluvionares, planícies de inundação e depósitos hidromórficos, que representam desafios técnicos e ambientais.

A análise das unidades geotécnicas evidenciou problemas geotécnicos significativos pontuais, como suscetibilidade à erosão, baixa resistência à compressão, recalques diferenciais e presença de argilas expansivas, especialmente em depósitos aluvionares e lacustres. Além disso, terrenos rochosos como os lajedos graníticos, embora altamente estáveis, apresentam desafios relacionados à escavabilidade, encarecendo obras de infraestrutura.

Diante dessas limitações e potencialidades, é essencial que as informações contidas neste relatório sejam amplamente utilizadas pelos gestores públicos e profissionais de engenharia e urbanismo. Recomenda-se que todas as intervenções em áreas de média e baixa aptidão sejam precedidas de investigações geotécnicas detalhadas, como sondagens e ensaios laboratoriais, para garantir a segurança e viabilidade técnica das obras.

Por fim, este documento reforça a importância da integração entre estudos técnicos e planejamento territorial como pilares fundamentais para promover o desenvolvimento urbano sustentável, reduzindo os riscos geotécnicos e otimizando o uso do solo de maneira segura e eficiente.

10. 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.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6502:2022 – Solos e rochas – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ALCÂNTARA, M. A. T. (1997). Aspectos geotécnicos da erodibilidade de solos. São Carlos/SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Carlos. 128 p.

ANTONELLI, T. Menezes, Í. P. De.; BISPO FILHO, I.; SILVA, D. R. A. DA; CONCEIÇÃO, R. A. C. DA; JESUS, D.; FERREIRA, C.E.O. 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.

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

FERREIRA, C.; SILVA, D. R. A.; JESUS, D; CABRAL, D. S.; MENEZES, I. P.; OLIVEIRA FILHO, I. B.; MORAES, J. M.; CONCEIÇÃO, R. A. C.; ANTONELLI, T. Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial:

volume 2, versão 2: cartas geotécnicas de aptidão para urbanização. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM, Brasília, 2025, 23.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de Solos do Brasil: escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

OLIVEIRA, A. A. K., LEITE C. A. S. Projeto Leste: Folha Ipatinga – SE.23-Z-D-II, escala 1:100.000. Belo Horizonte, SEME, COMIG, CPRM, 2000.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Instrução Técnica IT-03-09-01: Preservação da Memória Técnica Institucional. Rio de Janeiro: SGB, 2024.

SILVA, M. A. da; PINTO, C. P.; PINHEIRO, M. A. P; MARINHO, M de S; LOMBELLO, J. C.; PINHO, J. M. M. P.; GOULART, L. E. A.; MAGALHÃES, J. R.. Mapa geológico do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2020. Escala 1:1.000.000

SKEMPTON, A. W. 1953. The Colloidal Activity of Clays, Proceedings, III ICSMFE, Zurich, Suíça, 1: 57- 61.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. (1948). Soil mechanics in engineering practice. New York, John Willey & Sons

ANEXOS

- Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização – (escala 1:10.000);



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

