CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS CERRO AZUL (PR)

Curitiba
Maio-2018

Marlene M.Martelli
Bibliotecária

Clarissa Nunes
Revisão e Editoração

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG
Caracterização do meio físico para fins de planejamento urbano com a indicação de áreas de riscos geológicos – Cerro Azul (PR). Curitiba : ITCG, 2018.
34 p., 5 mapas.

1. Mapeamento geológico. 2. Mapeamento geotécnico. 3. Riscos geológicos. 4. Cerro Azul (PR). I. Piekarz, G.F. II Título.

CDU 624.13 (816.21)

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.
INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ
Rua Desembargador Motta, 3384
CEP 80.430-200 - Curitiba - Paraná - Brasil
Telefone: 55 41 3304-7700 - Fax 55 41 3304-7063
homepage: www.pr.gov.br/itcg - email: itcg@pr.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Maria Aparecida Borghetti
Governadora

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA

Antonio Carlos Bonetti
Secretário

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ

Amilcar Cavalcante Cabral
Diretor Presidente

Fábio Ortigara
Diretor de Geologia

Gislene Lessa
Diretora de Geomática

ITCG
INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA - DEGET

Execução e elaboração

Geólogo Gil Francisco Piekarz

Apoio

Técnico de Mineração Miguel Ângelo Moretti (Digitalização)

Roberto Eustáquio dos Anjos Santiago (Técnico de campo)

Clóvis Roberto da Fonseca (Técnico de campo)

Clarissa Nunes (Revisão e edição)

SUMÁRIO

1. Introdução

2. Justificativa

3. Localização e acesso

4. Metodologia de trabalho

5. Meio físico

5.1 Geologia
5.1.1 Complexo Granítico Três Córregos (Unidade GTC)
5.1.2 Metacalcários e rochas metassedimentares associadas (Unidade MM).
5.1.3 Diques de diabásio (unidade Db)
5.1.4 Terraços (unidade Tr)
5.2 Geomorfologia

5.3 Hidrografia

5.4 Coberturas de materiais inconsolidados
5.4.1 Solos residuais
5.4.2 Solos transportados
5.4.3 Considerações sobre as Coberturas de Materiais Inconsolidados

6. Movimentos gravitacionais de massa
6.1 Definições
6.2 Movimentos gravitacionais de massa em Cerro Azul

7. Adequabilidade dos terrenos para ocupação urbana e Áreas Suscetíveis a Movimentos Gravitacionais de Massa em Cerro Azul.
7.1 Área 1
7.2 Área 2
7.3 Área 3
7.4 Área 4
7.5 Degraus de Abatimento

8. Conclusões e recomendações

9. Referências Bibliográficas

ANEXOS

1. MAPA DE PONTOS

2. MAPA DE DECLIVIDADES

3. MAPA MODELO DIGITAL DO TERRENO

4. MAPA GEOLÓGICO

5. MAPA DE ADEQUABILIDADE DOS TERRENOS PARA OCUPAÇÃO URBANA E DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA-MGM

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se à caracterização do meio físico da área urbana do município de Cerro Azul para fins de planejamento urbano, com ênfase à indicação de áreas suscetíveis a escorregamentos de encostas que podem trazer prejuízos socioeconômicos para a sociedade, além da possibilidade de perda de vidas humanas.

O objeto da presente avaliação é a área urbanizada e imediações da cidade de Cerro Azul, abrangendo uma superfície aproximada de 4,0 km^2.

Os trabalhos se desenvolveram na área compreendida pela base cartográfica da SEDU/PARANACIDADE-1998. Para uma melhor compreensão do entorno da sede urbana foram utilizadas imagens do Google Earth de 08/janeiro/2014.

2. JUSTIFICATIVA

A sede do município de Cerro Azul encontra-se em uma situação geológica e geomorfológica que pode favorecer os movimentos gravitacionais de massa (MGM), ou seja: predomínio de altas declividades, possível presença de materiais inconsolidados transportados (colúvios) e presença de rochas metacarbonáticas e xistosas sobre rochas graníticas (Restos de Teto).
Tendo em vista as características acima relacionadas decidiu-se contemplar a sede do município e arredores imediatos com avaliação de suscetibilidade a riscos geológicos para MGM.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Cerro Azul é um dos municípios do Vale do Ribeira, localizado na região metropolitana de Curitiba, com 1.341,187km^2 de extensão territorial, 16.948 habitantes (IBGE, 2010) e situado a uma altitude média de 318 m. Situa-se a uma distância aproximada de 90 km de Curitiba, capital do estado, acessada por meio da rodovia PR-092, conforme indicado nos mapas a seguir (Figura 1).

Figura 01 – Mapas de localização.

4. METODOLOGIA DE TRABALHO

A caracterização do meio físico foi realizada através da execução de mapeamento geológico-geotécnico, segundo princípios metodológicos propostos por COTTAS (1983) e ZUQUETTE (1993), sem a realização de ensaios geotécnicos.

Para a execução dos trabalhos foram utilizadas as seguintes imagens e cartas cartográficas:

a) Imagens do Google Earth, de 08/janeiro/2014;

b) Mapa de declividade da área urbana de Cerro Azul, utilizando a Base Cartográfica SEDU/PARANÁCIDADE (Planimétrico) e o levantamento *Laser/Scan* da Copel (2013), composto por uma malha de pontos, cotados com espaçamento regular de 5m.

Na sede do município e arredores foram descritos 43 pontos, em quatro dias de trabalho, necessários para o conhecimento da geologia local e das variáveis que causam os MGM. O trabalho focou a classificação e delimitação das coberturas de materiais inconsolidados (solos residuais e solos transportados - colúvios); o reconhecimento dos tipos rochosos, surgências de águas subterrâneas e observação de sinais de movimentos de massa, como trincas no terreno, degraus de abatimento nos solos, deformação em muros e residências (trincas); e, a identificação de movimentos de massa antigos.

Foram gerados os seguintes mapas básicos e temáticos:

a) Mapa de Pontos (Anexo 1)
b) Mapa de Declividades (Anexo 2)
c) Mapa do Modelo Digital do Terreno (Anexo 3)
d) Mapa Geológico (Anexo 4)
e) Mapa de Adequabilidade dos Terrenos para Ocupação Urbana e de Áreas Suscetíveis a Movimentos Gravitacionais de Massa - MGM (Anexo 5)

O software utilizado para a elaboração dos mapas básicos e temáticos foi o ArcView 3.2A.

5. MEIO FÍSICO

5.1 Geologia

A sede urbana do município de Cerro Azul assenta-se quase que exclusivamente sobre rochas graníticas do Complexo Três Córregos, com a presença de pequenas porções de rochas metassedimentares (Restos de Teto) imersos em meio à massa granítica. Estas litologias são cortadas por diques de diabásio, do magmatismo mesozoico do Grupo Serra Geral. Por fim, ocorrem pequenos terraços aluvionares do Rio Ribeira (Anexo 3).

5.1.1 Complexo Granítico Três Córregos (Unidade GTC)

Este complexo, com idade em torno de 610 Ma, foi denominado Granito Três Córregos (Fuck, et al.1967a), por ocasião do mapeamento regional da Comissão da Carta Geológica do Paraná. Trata-se de um extenso batólito polidiapírico que cobre mais de 3.700 km^2, indo de Campo Largo - PR ao Vale do Ribeira, entrando no estado de São Paulo. Apresenta uma largura que varia de 10 a 30 km.

Hasui, Cremonini e Born (1984) distinguiram duas variedades petrográficas: uma porfirítica, de maior extensão, e outra equigranular, de menor abrangência. A que ocorre em Cerro Azul é, exclusivamente, a variedade porfirítica, marcada pela presença de megacristais de microclíneo róseo a esbranquiçado, quartzo, oligoclásio, biotita e hornblenda. Os minerais acessórios são apatita, titanita, zircão, ilmenita e minerais opacos. Os megacristais têm dimensões centimétricas e excepcionalmente decimétricas (Imagem 1). Mineralogicamente varia de granitos típicos até monzonitos e

granodioritos, com ocorrências menores de quartzo-dioritos. São observados enclaves ou xenólitos de anfibolitos, além de veios pegmatíticos que indicam processos pneumatolíticos tardios.

Característica muito marcante desta fácies granítica, que tem relação direta com movimentos gravitacionais de massa, é que sua alteração intempérica não resulta no desenvolvimento de matacões, que ao “sobrarem” em meio à rocha altamente alterada, às vezes quase solo, tornam-se agentes de desestabilização de encostas de altas declividades (Imagens 01, 02 e 03).

Imagem 01 – Afloramento do Granito Três Córregos, mostrando o espesso manto de alteração, sem desenvolvimento de alteração do tipo esferoidal, ausência de desenvolvimento de solo profundo e com presença de xenólitos imersos na massa granítica.

Imagem 02 – Textura do Granito Três Córregos com os fenocristais de feldspato.

Imagem 03 - Afloramento do Granito Três Córregos, mostrando o espesso manto de alteração, sem desenvolvimento de alteração do tipo esferoidal e ausência de desenvolvimento de solo profundo.

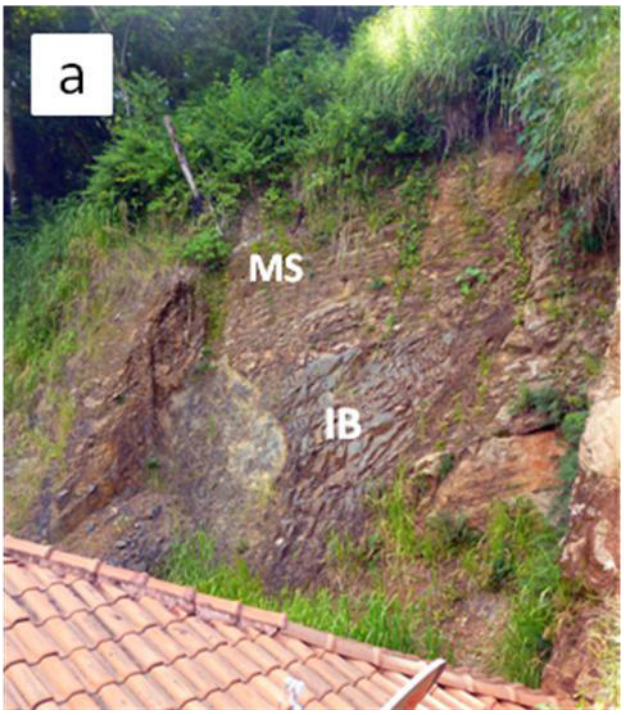
Imagem 04 – Alteração esferoidal. Este tipo de alteração intempérica resulta em blocos imersos no solo que causam desestabilização de encostas íngremes.

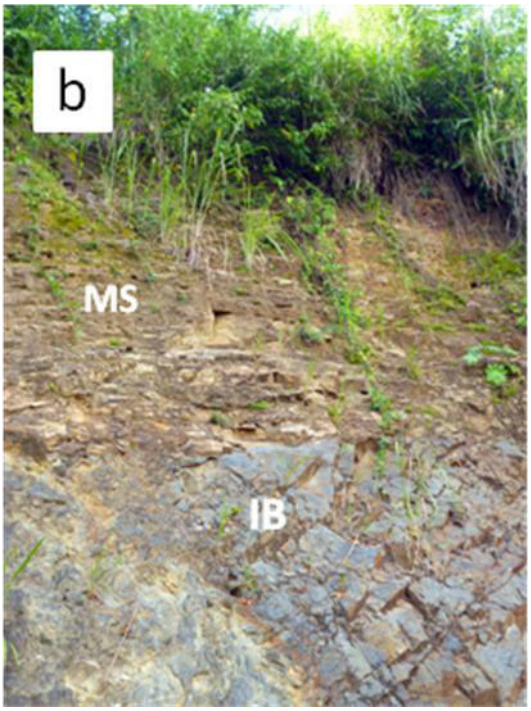
5.1.2 Metacalcários e rochas metassedimentares associadas (Unidade MM)

Duas ocorrências (pontos CA-14 e CA-09) de rochas metacarbonáticas e metassedimentares associadas foram encontradas na área da sede do município de Cerro Azul (Imagens 05a, 05b, 06a e 06b). Trata-se de “Restos de Teto” de rochas mais antigas que o Granito Três Córregos, pertencentes ao Grupo Açungui, de idade Proterozoica. Restos de Teto são corpos de rochas mais antigas situadas sobre corpos de rochas intrusivas, granitos, por exemplo, que restaram dos processos erosivos.

É importante ressaltar que, até momento, a área de maior risco a movimentos gravitacionais de massa em Cerro Azul está associada a estas rochas, mais especificamente no ponto CA-14, onde a alta declividade promoveu a formação de solos transportados, colúvios (Imagem 07), o que não se encontrou em áreas de ocorrência dos granitos.

Imagens 05a e 05b - Rochas metacarbonáticas (a) e metassedimentares (b) do Grupo Açungui. Ponto CA-14.





Imagens 06a e 06b – Rochas metassedimentares do Grupo Açungui (MS - Restos de Teto) e corpo de rocha intrusiva básica (IB). Ponto CA-14.

Imagem 07– Solos transportados, colúvios grossos. Ponto CA-14. Situação eminente de risco geológico a MGM.

5.1.3 Diques de diabásio (Unidade Db)

Os diques de diabásio, que ocorrem em todo o Estado do Paraná, numa direção noroeste–sudeste, fazem parte de uma ampla província magmática que define uma gigantesca manifestação ígnea do Fanerozóico, cobrindo aproximadamente 45% da área do estado, além de porções dos estados de SP, SC, RS, bem como Argentina, Uruguai e Paraguai. Este evento traduziu-se como uma espessa sequência de lavas, principalmente basálticas, com idades de 134,7 milhões de anos (THIEDE E VASCONSELOS, 2008) e que cobre praticamente todo o Terceiro Planalto Paranaense. Em Cerro Azul foram individualizados dois diques com espessuras variáveis.

Os contatos entre os diques e o granito são áreas de atenção por poderem desenvolver descontinuidades, suscetíveis a instabilidades. Também, em exposições maiores destas litologias, em altas declividades, os terrenos podem ser mais instáveis que os do granito encaixante, devido ao tipo de alteração que estas rochas desenvolvem, com a formação de matacões (alteração esferoidal).

Existem mais alinhamentos nesta direção que podem conter estas litologias, como os alinhamentos A1 e A2. Muitas vezes os diques são descontínuos. Deste modo, quando os terrenos forem ocupados recomenda-se a análise em detalhe para verificar a existência destas rochas, pois os contatos entre elas e o granito encaixante são locais de instabilidade, além de desenvolver alterações esferoidais.

O diabásio é uma rocha ígnea hipoabissal (intrusiva em outras rochas preexistentes), relativamente pobre em sílica e rica em plagioclásio cálcico. O diabásio normalmente ocorre em corpos rochosos consolidados ao longo do percurso do magma que, vindo de grandes profundidades, busca alcançar a superfície da Terra, percorrendo fraturas profundas e alojando-se nas estruturas das rochas encaixantes. Formam-se assim principalmente os diques (corpos tabulares verticalizados ao longo das fraturas).

5.1.4 Terraços (Unidade Tr)

São sedimentos gerados, principalmente, pela dinâmica fluvial, predominando níveis arenosos e leitos de cascalho, com expressivas coberturas argilosas. Na área mapeada de Cerro Azul a expressão destes sedimentos é pequena, encontrada no ponto CA-43, onde se identifica um nível de cascalho com sedimentos areno-siltosos sobrepostos (Imagem 08). No Mapa Geológico (Anexo 04), a unidade designada de "terraços" engloba estes depósitos acima citados, como também áreas planas de mesma cota, onde ocorrem sedimentos arenosos (ponto CA-43) e solos finos transportados. Na sua maior parte, esta unidade está recoberta pela cidade, ruas e casas, impossibilitando uma adequada caracterização. De qualquer modo, são áreas planas com sedimentos aluvionares e solos, cujo maior risco à população é em relação às enchentes dos rios Ponta Grossa e Quebrada Funda.

Imagem 08– Paleoterraço aluvionar, com nível de cascalho na parte inferior, sobreposto por níveis siltico-arenosos

5.2 Geomorfologia

A área urbana de Cerro Azul encontra-se na subunidade morfoescultural denominada Planalto Dissecado do Alto Ribeira, situada no Primeiro Planalto Paranaense. A classe de declividade predominante está entre 12-30%. Em relação ao relevo, apresenta alta dissecação e com altitudes variando entre 320m e 1180m. As formas predominantes são topos alongados e em cristas, isolados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em "V". A direção geral da morfologia é NW/SE. A região em questão é modelada em rochas do Complexo Granítico Três Córregos (Mineropar, 2007).

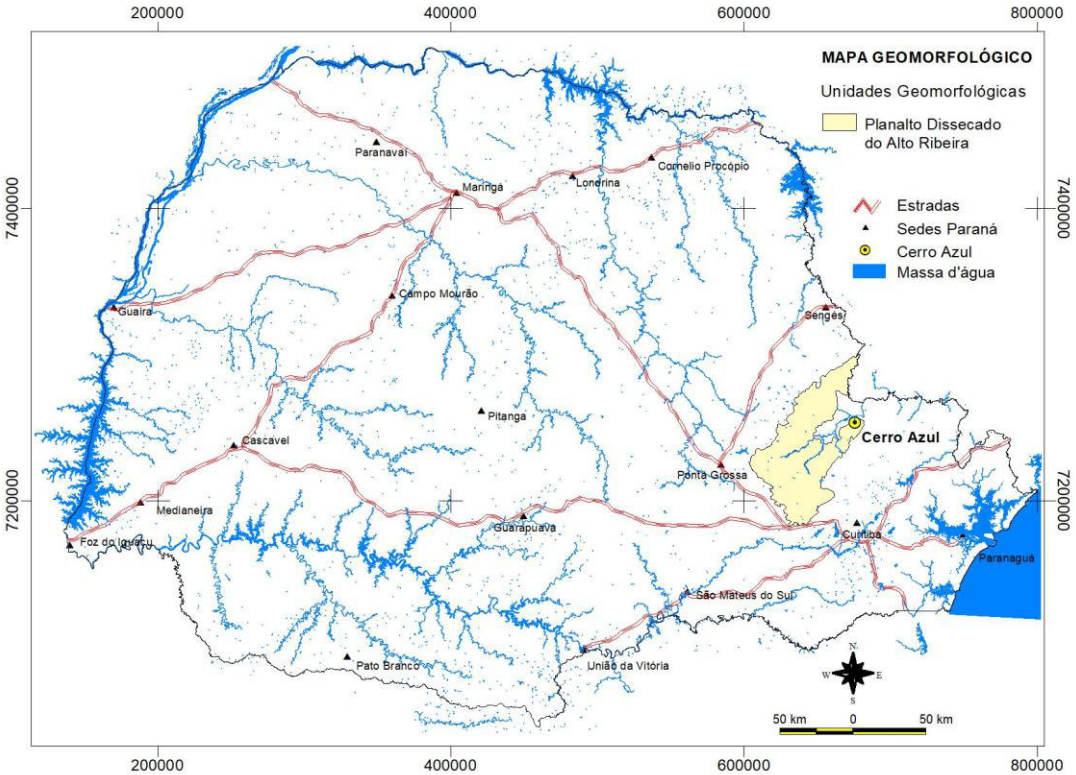


Figura 02 - Mapa do Estado do Paraná, com a localização de Cerro Azul no Planalto Dissecado do Alto Ribeira.

O relevo na sede do município e arredores está de acordo com o acima descrito. Apresenta-se muito dissecado, sendo condicionado por rochas graníticas que conferem uma paisagem de topos alongados e em cristas, margeados por encostas íngremes e vertentes retilíneas e côncavas (Imagens 09a e 09b).

Imagens 09a e 9b - Relevo de Cerro Azul mostrando a sede do município situada no vale do rio Ponta Grossa e o relevo dissecado, com topos alongados e encostas íngremes.

5.3 Hidrografia

A área urbana de Cerro Azul está inserida na macrobacia hidrográfica do rio Ribeira (Figura 03). A sede municipal encontra-se no vale do rio Ponta Grossa, que corre ao longo da sede do município. Encostas íngremes e vales encaixados podem tornar a região sujeita a enchentes, como as de 1998 e 2011, que provocaram enormes prejuízos à sociedade, deixando casas alagadas e gerando quedas de barreiras nas rodovias.

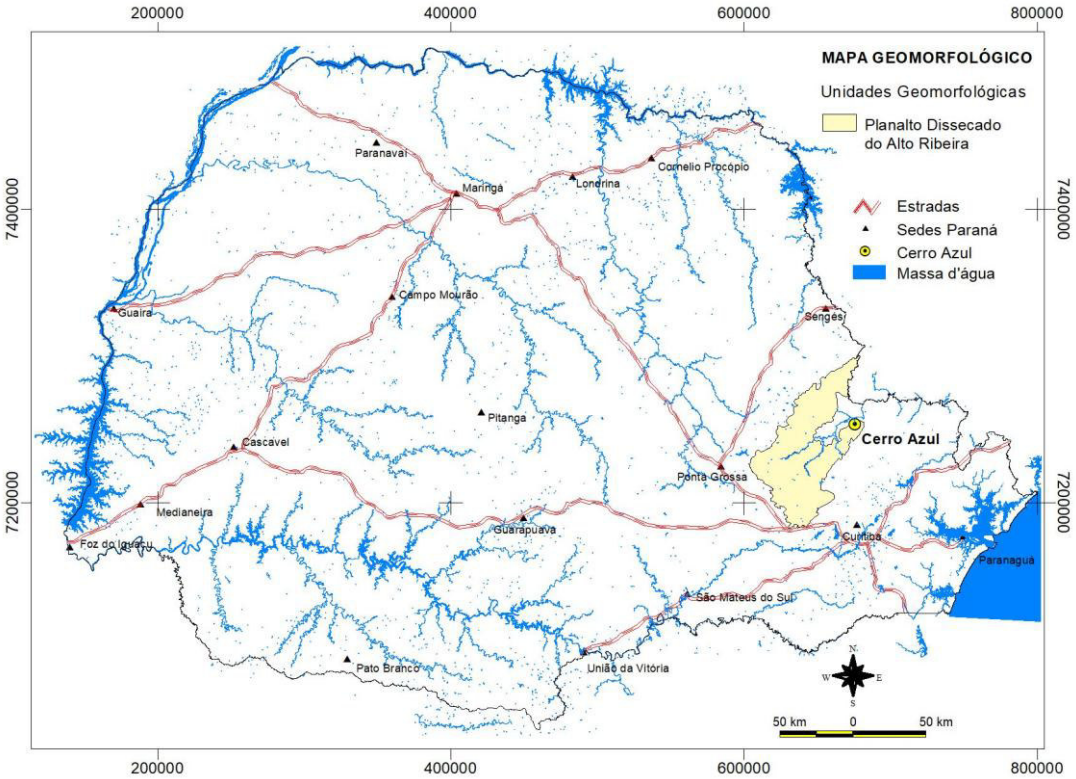


Figura 3 – Bacias hidrográficas do Paraná, com a localização da sede do município de Cerro Azul.

5.4 Coberturas de materiais inconsolidados

Sob esta denominação, foram caracterizados os materiais inconsolidados que recobrem o substrato rochoso da área e cuja origem se relaciona com a interação de fatores naturais climatológicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hídricos que interferem na modelagem dos terrenos e da paisagem.

Os materiais inconsolidados foram definidos, principalmente, a partir da utilização de critérios geotécnicos qualitativos, sob o enfoque da Geologia de Engenharia aplicada ao planejamento territorial. Ressalta-se que não foram efetuados ensaios geotécnicos específicos em função dos objetivos do presente estudo.

As coberturas inconsolidadas podem ser subdivididas em solos residuais e solos transportados.

5.4.1 Solos residuais

Constituem solos derivados da alteração das rochas *in situ* e que não sofreram transporte. Em Cerro Azul predominam amplamente os solos regolíticos (Imagem 10), derivados da alteração das rochas graníticas. Trata-se de solos rasos com fragmentos de rochas semi-intemperizadas e/ou saprólitos em sua massa. Localmente ocorrem solos litólicos (Imagem 11) que são solos rasos com pequena espessura (menos que 50 cm) sobre superfícies planas, muitas vezes com superfícies rochosas aflorantes. Mais raramente ocorrem solos mais desenvolvidos – Nitossolos -, com espessuras de pouco mais de 1m (Imagens 12 e 13).

Característica muito marcante é que este fácies do Granito Três Córregos, principal substrato da área da sede de Cerro Azul, não desenvolve alterações esferoidais em seu processo de alteração e também o solo é muito pouco desenvolvido, predominando espessos pacotes de granito alterado, muito homogêneos. Estas características promovem um substrato bastante consolidado, com boas características geotécnicas para movimentos gravitacionais de massa.

Imagem 10 - Solo regolítico sobre rocha granítica.

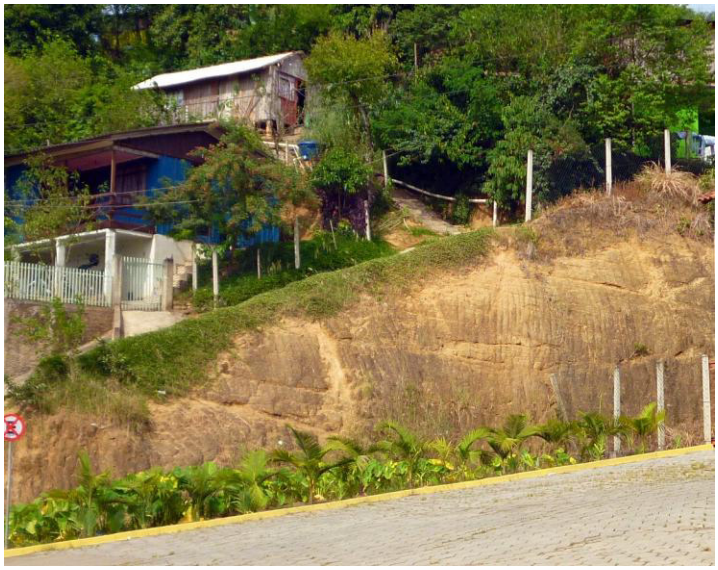


Imagem 11 – Solo litólico sobre rocha granítica.

Imagem 12 – Solos residuais mais profundos - Nitossolos.

Imagem 13 – Solo mais profundo, Nitossolo, com linha de pedras (*Stone Line*) mostrando o desenvolvimento deste solo sobre antiga superfície. Ponto CA-024.

5.4.2 Solos Transportados

Constituem os solos depositados fora de seu local de formação e que foram transportados pela ação da gravidade, sendo constituídos por material solto e encontrados nas encostas. Constituem solos de elevada permo-porosidade,

coloração castanho-amarronada com matriz síltico-argilosa, englobando fragmentos e blocos de rochas metacarbonáticas e metassedimentares arredondados, subangulosos, de dimensões variadas, geralmente centimétricas a decimétricas. Os colúvios podem ser classificados em grossos e finos, dependendo da presença ou não de blocos de rocha dentro da matriz, respectivamente. Ocorrem associados às encostas de declividades moderadas a altas (>20%), apresentando-se instáveis e incoerentes, suscetíveis a escorregamentos.

Imagem 14 - Solo transportado (colúvio grosso), sobre rochas metacarbonáticas e metassedimentares. Situação de Risco Geológico. Ponto CA-14.

Imagem 15 - Solo transportado, colúvio, muito desagregado e muito instável em condições de elevadas pluviosidades. Ponto CA-14.

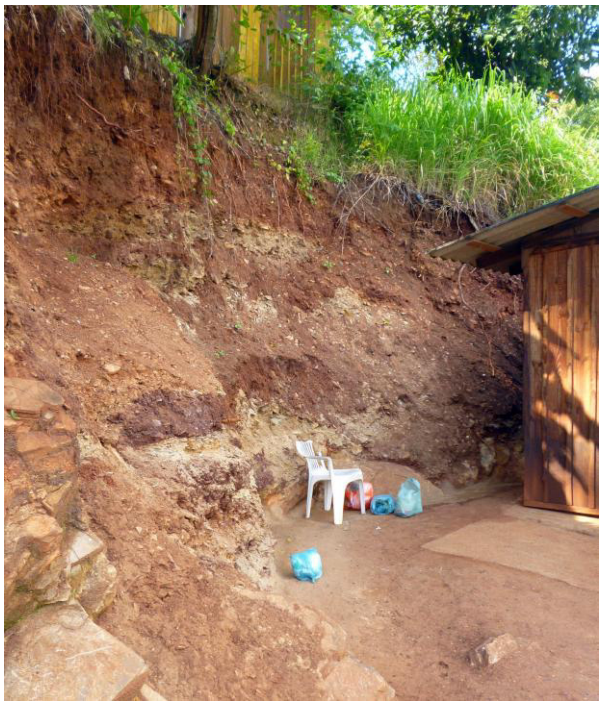


Imagem 16 - Corte e aterro em situação com solo transportado, colúvio, muito desagregado e muito instável em condições de elevadas pluviosidades. Situação de Risco Geológico. Ponto CA-14.

5.4.3 Considerações sobre as Coberturas de Materiais Inconsolidados

O relevo montanhoso e muito dissecado de Cerro Azul resultou em coberturas de materiais inconsolidados pouco espessas. Há uma predominância absoluta de solos regolíticos e litólicos, pouco espessos, na área de ocorrência do Granito Três Córregos, que abrange quase que a totalidade da área da sede do município. Mesmo nas áreas planas, sobre estas rochas, o solo comumente é raso. Localmente, porém, ocorre um solo residual um pouco mais espesso com até 1m de espessura.

No vale do rio Ponta Grossa, foi identificado no ponto CA-043 terraço aluvionar, com um nível de cascalho e outro, sobreposto, de silte e areia fina. Estes terraços foram englobados numa unidade específica no mapa geológico (Unidade TR), devido a sua geomorfologia plana e de mesma cota, onde também ocorrem solos finos transportados e depósitos arenosos atuais.

Solos transportados, colúvios grosseiros, finos e médios, ocorrem no ponto CA-14, relacionados aos “Restos de Teto” de rochas metacarbonáticas e metassedimentares. Neste local, foram identificados movimentos gravitacionais de massa em situação de risco geológico, devido à presença de residências que podem ser afetadas (Imagens 14, 15 e 16).

Outra situação onde podem ocorrer materiais inconsolidados é nas áreas de ocorrência dos diques de diabásio (ver Mapa Geológico – Anexo 03). O intemperismo sobre estas rochas causam um forte desagregamento que, em altas declividades, tornam-se áreas suscetíveis a MGM.

6. MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

6.1 Definições

Os processos de alteração do meio físico investigados na área urbana de Cerro Azul, capazes de gerar situações de risco com consequentes acidentes geológicos dizem respeito, principalmente, aos movimentos gravitacionais de massa (MGM) ou escorregamentos de encosta.

De acordo com Oliveira (2010), os escorregamentos são considerados os acidentes geológicos que mais têm provocado perda de vidas humanas em

áreas urbanas. Caracterizam-se por movimentos rápidos, bruscos, com limites laterais e profundidades bem definidos. Podem envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha. Sua geometria pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais envolvidos, os quais condicionam a formação de superfícies de ruptura.

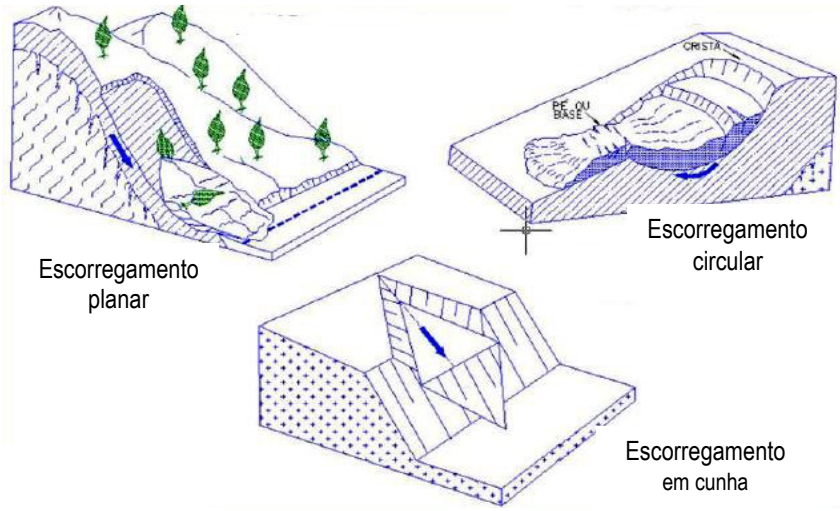


Figura 04 - Geometria dos principais tipos de escorregamentos em encostas (Oliveira, 2010).

O principal agente deflagrador do processo é a água das chuvas, muitas vezes associado a desmatamentos, erosão, variações de temperatura, oscilações do nível freático e fontes. As chuvas contribuem diretamente para instabilizar as encostas, por meio da infiltração e encharcamento do solo; formação de fendas, trincas e juntas, com a geração de superfícies de ruptura; atuação de pressões hidrostáticas; saturação do solo com aumento do peso específico; redução da resistência dos solos pela perda da coesão e escorregamento.

As principais interferências antrópicas que potencializam o processo são as seguintes:

- concentração de águas pluviais;
- ausência de drenagem (captação e condução das águas pluviais);
- lançamento de águas servidas;
- vazamentos na rede de abastecimento de água;
- existência de fossas sanitárias;

- cortes de alturas e inclinações excessivas;
- execução de aterros inadequados;
- deposição de lixo na encosta ou existência deste englobado nos aterros;
- remoção indiscriminada da vegetação;
- cultivo de espécies vegetais que acumulam água em subsuperfície (ex. bananeiras).

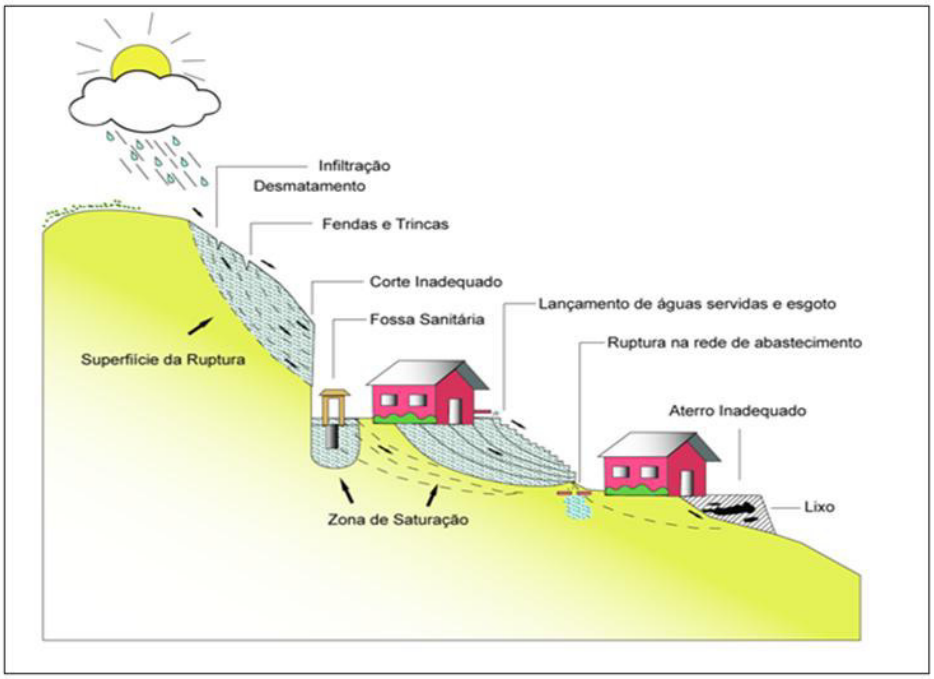


Figura 05 - Principais atividades antrópicas indutoras de escorregamentos de encostas (Oliveira, 2015).

6.2 Movimentos Gravitacionais de Massa em Cerro Azul

Merece destaque a situação do ponto CA-14 onde ocorrem solos transportados em altas declividades associados a rochas metassedimentares. Neste local já ocorreu MGM. Devido à presença de residências próximas às altas declividades é uma área sujeita a movimentos gravitacionais de massa, de risco geológico, especialmente em períodos de elevada pluviosidade.

7. ADEQUABILIDADE DOS TERRENOS PARA OCUPAÇÃO URBANA E ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA EM CERRO AZUL

As considerações quanto à adequabilidade dos terrenos podem ser feitas com relação ao tipo de cobertura de material inconsolidado e declividade.

Foram individualizadas quatro áreas críticas para a ocupação (A1, A2, A3 e A4).

7.1 Área 1

São todas as áreas com mais de 30% de declividade. De acordo com a Lei Federal 6766/1979 áreas acima desta declividade não devem ser ocupadas por estarem sujeitas a MGM. Boa parte da área urbana de Cerro Azul está nestas áreas. Há que se considerar que o substrato rochoso (Granito Três Córregos) mostra-se bastante estável. O perfil de alteração é homogêneo, sem a formação de matacões que podem desestabilizar as encostas. Também não foram encontrados depósitos coluvionares expressivos. Esta característica leva a população a ocupar estas áreas em cortes (Imagem 17).

Imagem 17 - Ocupação em área de alta declividade com o corte do terreno para instalação de residência.

No entanto, há que se considerar que localmente ocorrem solos mais profundos, que determinadas áreas não devem ser ocupadas, ou que o corte da encosta seja adequado para não causar perigo de desabamento como no caso da situação mostrada a seguir (Imagem 18).

Imagem 18 - Corte vertical em solo mais profundo, Nitossolo, onde existe o flagrante perigo de desabamento do solo.

Imagem 19 - Ocupação irregular em declividades muito acima dos 30%. Apesar da estabilidade do substrato rochoso, tais situações são suscetíveis a quedas de blocos e abatimento de degraus.

7.2 Área 2

É a área ocupada ao longo da APP (Área de Preservação Permanente) ao longo do rio Ponta Grossa, que corta a sede do município e normalmente em elevadíssimas declividades (Imagem 19). Mesmo considerando que o substrato rochoso seja estável, estas situações estão em risco devido às declividades muito acentuadas e, também, por estarem ocupando áreas reservadas à preservação ambiental.

Imagem 20 - Ocupação em zona de APP (Área de Proteção Permanente).

7.3 Área 3

Esta área, apesar de estar situada ainda no meio rural, está muito próxima a áreas ocupadas. Apesar de não ter sido identificado MGM no local, o subtrato rochoso é composto por rochas metacarbonáticas, semelhantes à Área de Risco 4, abordada adiante, principal área sujeita a MGM em Cerro Azul. A prefeitura deve ficar atenta a estudos geotécnicos de detalhe, caso esta área venha a ser ocupada no futuro.

7.4 Área 4

É a principal área suscetível a MGM em Cerro Azul até o presente. Devido à presença de residências no local, pode-se caracterizar como de Risco Geológico. O substrato rochoso é composto por rochas metassedimentares do Grupo Açungui, metacalcários e metassedimentos síltico-argilosos, além de

uma rocha intrusiva básica (Imagens 06a e 06b). Na encosta ocorrem expressivos depósitos coluvionares (Imagens 17, 18 e 19), com sinais de movimentação. A recomendação é a retirada das residências em situação de risco ou se fazer um estudo geotécnico de detalhe que oriente obras civis a fim de evitar os MGM. Além do mais, há um dique de diabásio em contato leste com estas rochas, também em altas declividades, agravando a situação.

7.5 Degraus de Abatimento

Estes degraus ocorrem praticamente em toda a área de exposição do Granito Três Córregos, em elevadas declividades (Imagens 21, 22 e 23). Possivelmente são causados por abatimento de blocos pelo rebaixamento do lençol freático decorrente da retirada da vegetação. Não se encontrou MGM associados.

Imagem 21 - Degraus de abatimento em encostas do Granito Três Córregos. Ponto 008.

Imagem 22 - Detalhe do degrau de abatimento da figura 26.

Imagem 23 - Degrau de abatimento. Ponto CA-016.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram individualizadas cinco áreas frágeis, tanto ambientais como sujeitas a MGM. A Área 4 é a que apresenta risco geológico eminente a movimentos gravitacionais de massa, estando as residências em situação de risco.

São recomendáveis estudos geotécnicos de detalhe no local, a fim de projetar e realizar obras civis de contenção ou a remoção das casas ali existentes. A Área 3 possui semelhanças geológicas com a Área 4 e, caso seja ocupada, recomenda-se estudos geotécnicos de detalhe para que não se repita a situação da Área 4.

O substrato rochoso da área sede do município é composto, quase que na totalidade, por rochas graníticas – Granito Três Córregos. Este substrato rochoso apresenta boas condições geotécnicas contra MGM. Porém, áreas com declividades acima de 30% não devem ser ocupadas. Caso sejam, trabalhos de detalhe devem ser realizados, principalmente na avaliação da existência de coberturas de materiais inconsolidados espessos que podem sofrer movimentação.

As áreas de risco 3 e 4 estão situadas sobre rochas metacarbonáticas e metassedimentares siltico-argilosas do Grupo Açungui (Restos de Teto).

A Área 2 refere-se à Área de Preservação Permanente – APP do rio Ponta Grossa. Não deve ser ocupada por questões ambientais; estarem sujeitas a enchentes; e, serem normalmente áreas com elevadas declividades.

O relevo na sede do município e entorno é enérgico, com alta dissecação. As formas predominantes são topos alongados e em cristas, isolados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em “V”.

Quanto aos materiais inconsolidados, observa-se que a maior parte da sede do município é ocupada por rochas graníticas que praticamente não desenvolvem solos transportados (colúvios) naquele local. Há um predomínio absoluto de solos residuais e rasos. Solos transportados foram identificados no ponto CA-14, referente a rochas metacarbonáticas.

Determinados tipos de vegetação podem se comportar como agentes de fixação do solo contra MGM (cortinas de bambu e capim Vetiver, por exemplo).

Deste modo, recomenda-se a avaliação do plantio de espécies vegetais para este fim, orientado por agrônomo ou engenheiro florestal, especializado em áreas de risco, ou juntas a estas, não importando o material subjacente.

Recomenda-se que não sejam abertas estradas, bem como outras obras, em terrenos com elevadas declividades e sem o acompanhamento de técnicos especializados em Geotecnia.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP.** 171 f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1983.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Mapa de Solos do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro. EMBRAPA/CNPS, 2007. (Série Documentos, 96). CD ROM.

FUCK, R. et al. Mapa geológico preliminar do litoral, da Serra do Mar e parte do Primeiro Planalto do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 27, p. 123-152, 1969(a).

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Escala Base 1:250.000**. Curitiba: MINEROPAR/UFPR, 2007. 50p.

OLIVEIRA, L. M. **Acidentes Geológicos Urbanos**. MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná. Curitiba, 2010. 78 p.

OLIVEIRA, L. M. **Caracterização do Meio Físico para Fins de Planejamento Urbano com Indicação de Áreas de Riscos Geológicos do Município Saudades do Iguaçu – PR**. MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná. Curitiba.

PIEKARZ, G. F. Textos de Geologia do Paraná para o Zoneamento Econômico Ecológico do Paraná – ZEE, Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG. No prelo.

SUDERHSA. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. SEMA-PR. Curitiba, 2010. 138p.

IBGE, 2013. **Municípios brasileiros**. Disponível em <http:/.www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8/ago/2015.

ZUQUETTE, L. V. **Importância de mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. V.2. (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1993.

A N E X O S

CONVENÇÕES

Convenções Topográficas

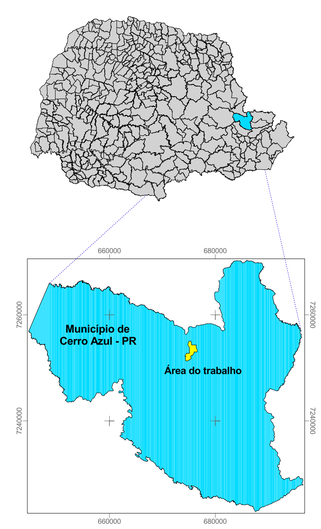
- Rodovia estadual
- Via de acesso
- Caminho, trilha
- Arruamento, quadra
- 360 Curva de nível mestra
- 361 Curva de nível intermediária - equid. 1 metro
- Curso de rio
- Massa d'água
- Edificação

Pontos Descritos no Campo

CA 001
- Pontos de campo

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Estado do Paraná



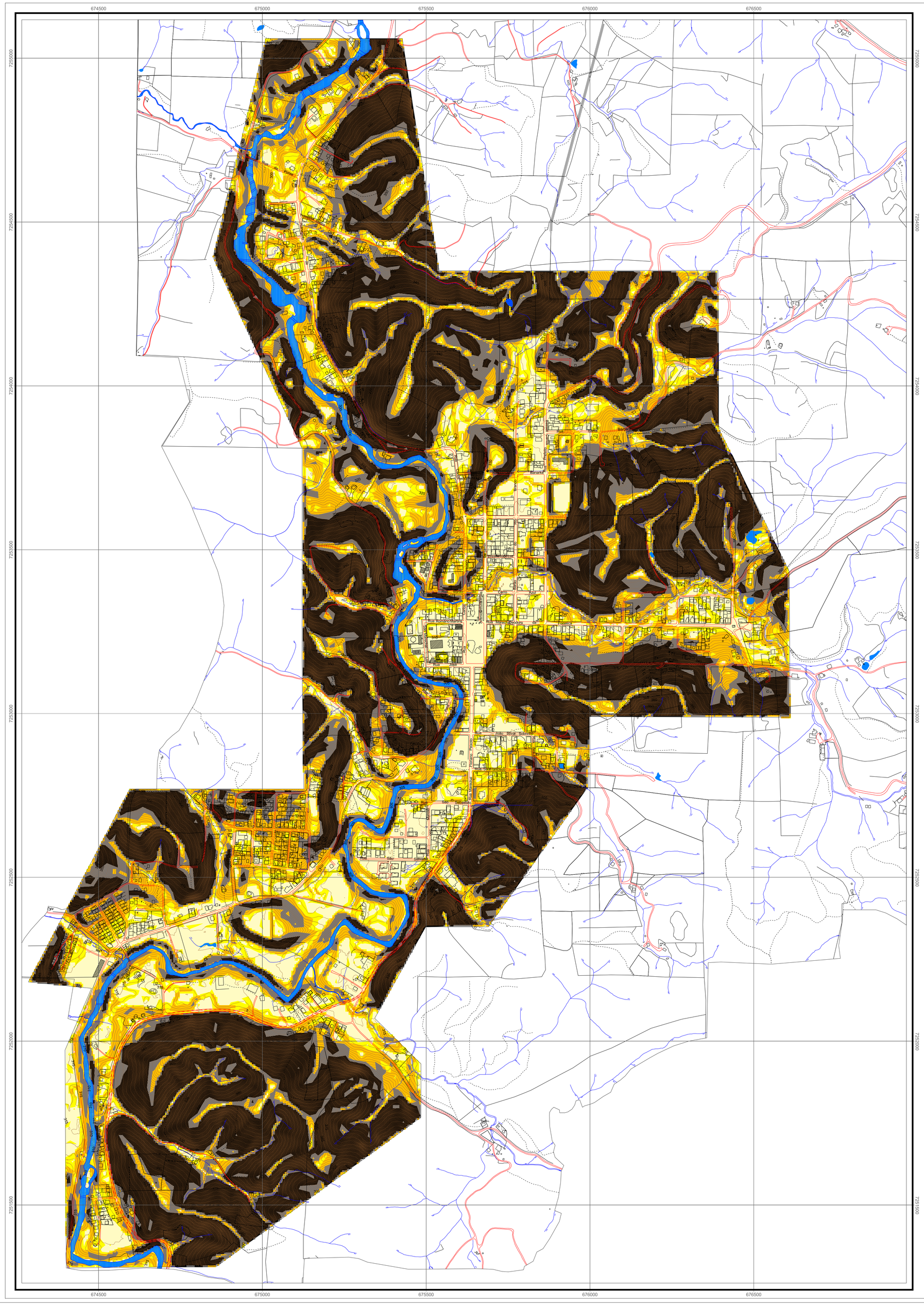
N
W E
S

200 m 0 200 m

Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - SC
Datum Horizontal: SAD 69
Meridiano Central: 51° W GR

Fonte do dado:
Base cartográfica : SEDU/PARANACIDADE (Planimétrico) - Levantamento Laser Scan da COPEL/2013 (cotas)
Sistema de Projeção UTM, Datum Sad69
Escala 1:2.000

ITCG	SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG
Projeto:	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS
Município:	CERRO AZUL - PR
Tema:	MAPA DE PONTOS — ANEXO 1
DEGET DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA	Executor: Geólogo - Gil F. Piekarz
Data: Maio / 2018 — Escala: 1:5.000	Geoprocessamento: Téc. Mineração - Miguel Ângelo Moretti



CONVENÇÕES

Convenções Topográficas

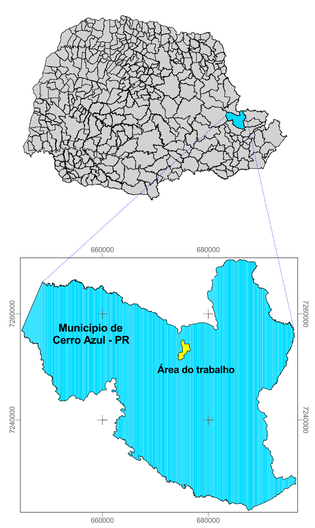
- Rodovia estadual
- Via de acesso
- Caminho, trilha
- Arruamento, quadra
- 360 Curva de nível mestra
- 361 Curva de nível intermediária - equid. 1 metro
- Curso de rio
- Massa d'água
- Edificação

Classes de declividades (%)

- 0 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- 20 - 30%
- >30%

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Estado do Paraná



N
W E
S

200 m 0 200 m

Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - SC
Datum Horizontal: SAD 69
Meridiano Central: 51° W GR

Fonte do dado:
Base cartográfica : SEDU/PARANACIDADE (Planimétrico) - Levantamento Laser Scan da COPEL/2013 (cotas)
Sistema de Projeção UTM, Datum Sad69
Escala 1:2.000

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA
INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG

Projeto: **CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS**

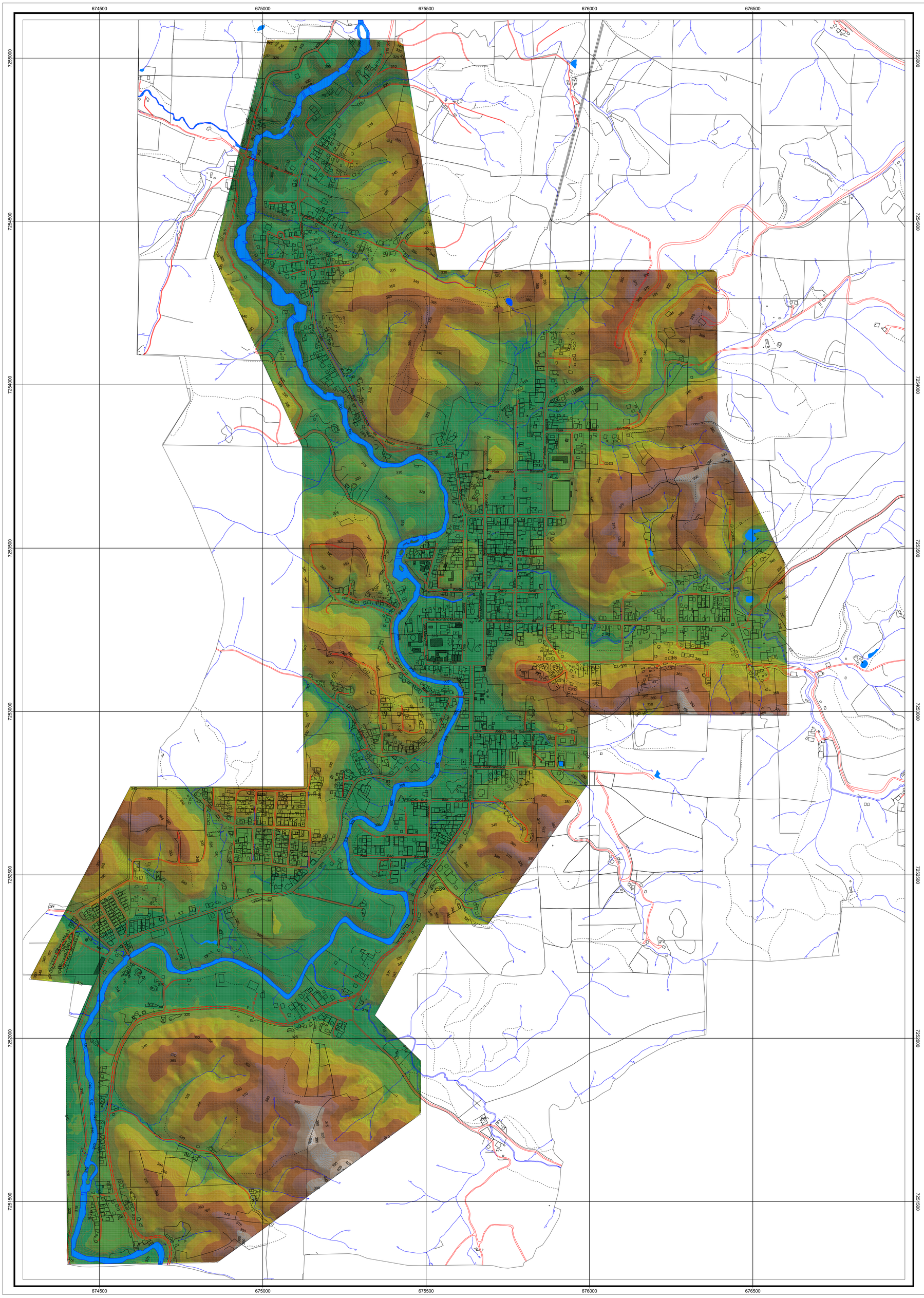
Município: **CERRO AZUL - PR**

Tema: **MAPA DE DECLIVIDADES** — **ANEXO 2**

DEGET
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Executor: **Geólogo - Gil F. Piekarz**

Data: **Maio / 2018** — Escala: **1:5.000** — Geoprocessamento: **Téc. Mineração - Miguel Ângelo Moretti**



CONVENÇÕES

Convenções Topográficas

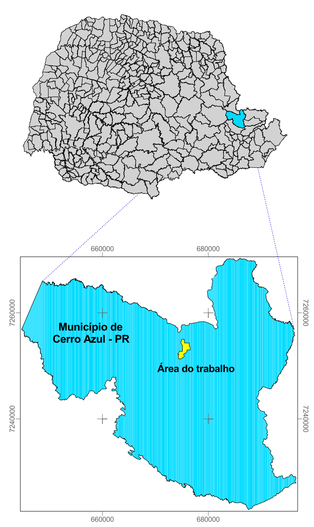
- Rodovia estadual
- Via de acesso
- Caminho, trilha
- Arruamento, quadra
- 360 Curva de nível mestra
- 361 Curva de nível intermediária - equid. 1 metro
- Curso de rio
- Massa d'água
- Edificação

Classes de Hipsometria (cota metro)

- 288.808 - 302.295 m
- 302.295 - 315.782 m
- 315.782 - 329.269 m
- 329.269 - 342.756 m
- 342.756 - 356.242 m
- 356.242 - 369.729 m
- 369.729 - 383.216 m
- 383.216 - 396.703 m
- 396.703 - 410.19 m

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Estado do Paraná



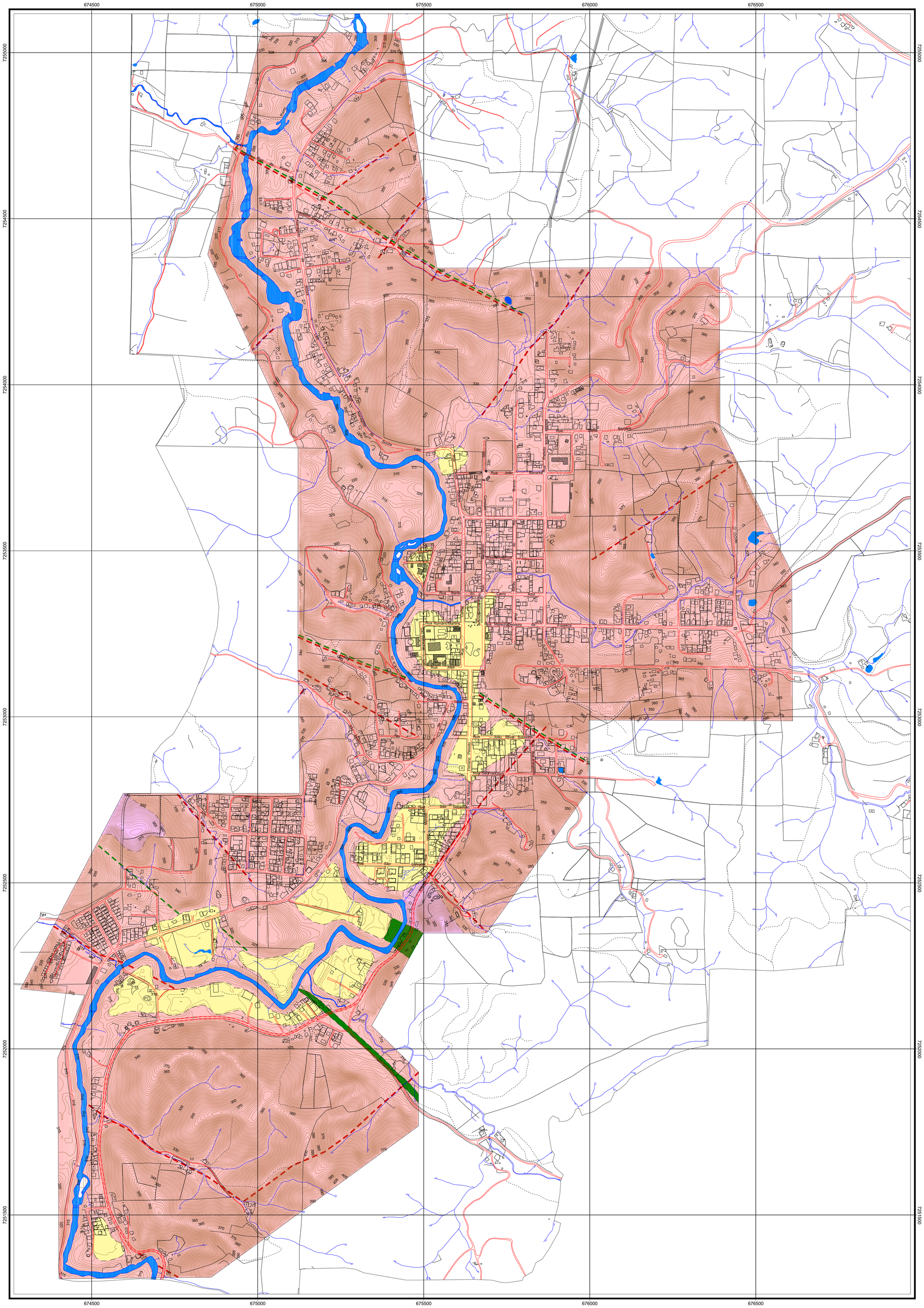
N
W E
S

200 m 0 200 m

Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - SC
Datum Horizontal: SAD 69
Meridiano Central: 51° W GR

Fonte do dado:
Base cartográfica : SEDU/PARANACIDADE (Planimétrico) - Levantamento Laser Scan da COPEL/2013 (cotas)
Sistema de Projeção UTM, Datum Sad69
Escala 1:2.000

ITCG	SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG
Projeto:	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS
Município:	CERRO AZUL - PR
Tema:	MAPA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO — ANEXO 3
DEGET DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA	Executor: Geólogo - Gil F. Piekarz
Data: Maio / 2018 — Escala: 1:5.000	Geoprocessamento: Téc. Mineração - Miguel Ângelo Moretti



CONVENÇÕES

Convenções Topográficas

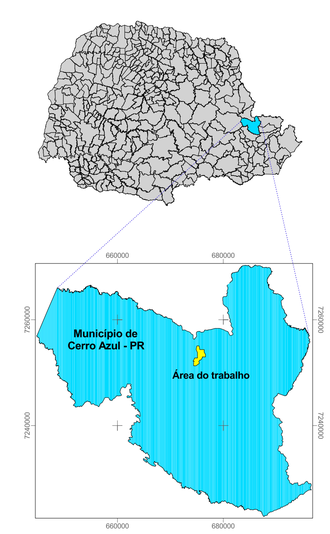
- Rodovia estadual
- Via de acesso
- Caminho, trilha
- Arruamento, quadra
- 360 Curva de nível mestra
- 361 Curva de nível intermediária - equid. 1 metro
- Curso de rio
- Massa d'água
- Edificação

Geologia

- Terraços (unidade Tr)
- Diques de diabásio (unidade Db)
- Metacalcários e rochas metassedimentares associadas ("Restos de Teto" - Unidade MM).
- Complexo Granítico Três Córregos (unidade GTC).
- Contato geológico inferido
- Fratura / Dique diabásio?

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Estado do Paraná



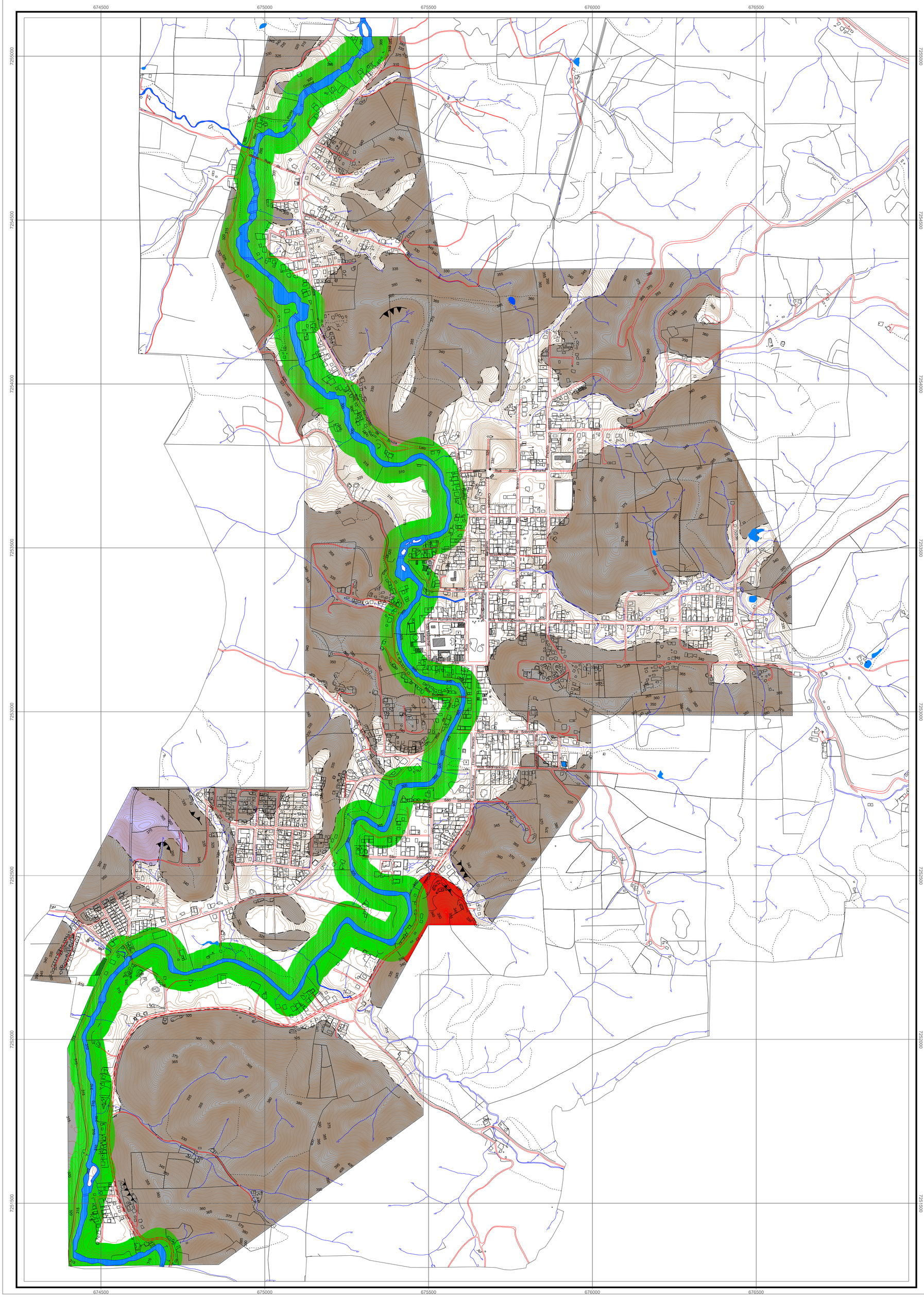
N
W E
S

200 m 0 200 m

Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - SC
Datum Horizontal: SAD 69
Meridiano Central: 51° W GR

Fonte do dado:
Base cartográfica : SEDU/PARANACIDADE (Planimétrico) - Levantamento Laser Scan da COPEL/2013 (cotas)
Sistema de Projeção UTM, Datum Sad69
Escala 1:2.000

ITCG — SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG		
Projeto: CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS		
Município: CERRO AZUL - PR		
Tema: MAPA GEOLÓGICO		ANEXO 4
DEGET DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA		Executor: Geólogo - Gil F. Piekarz
Data: Maio / 2018	Escala: 1:5.000	Geoprocessamento: Téc. Mineração - Miguel Ângelo Moretti



CONVENÇÕES

Convenções Topográficas

- Rodovia estadual
- Via de acesso
- Caminho, trilha
- Arruamento, quadra
- 360 Curva de nível mestra
- 361 Curva de nível intermediária - equid. 1 metro
- Curso de rio
- Massa d'água
- Edificação

Adequabilidade

Área 1
São todas as áreas com mais de 30% de declividade. Por força de lei (Lei Federal 6766/1979), áreas acima desta declividade não devem ser ocupadas por estarem sujeitas a MGM. Boa parte da área urbana de Cerro Azul está nestas áreas e ocupadas.

Área 2
Área cupada ao longo da APP (Área de Preservação Permanente) do rio Ponta Grossa, que corta a sede do município, normalmente em elevadíssimas declividades. Mesmo considerando que o substrato rochoso seja estável, esta situação está em risco devido às declividades muito acentuadas. E, também, é área reservada à preservação ambiental.

Área 3
Esta área, apesar de estar situada ainda no meio rural, está muito próxima a áreas ocupadas. Apesar de não ter sido identificados MGM no local, o subtrato rochoso são rochas metacarbonáticas, semelhantes à Área de Risco 4, principal área sujeita a MGM em Cerro Azul. A prefeitura deve ficar atenta a estudos geotécnicos de detalhe, caso esta área venha a ser ocupada no futuro.

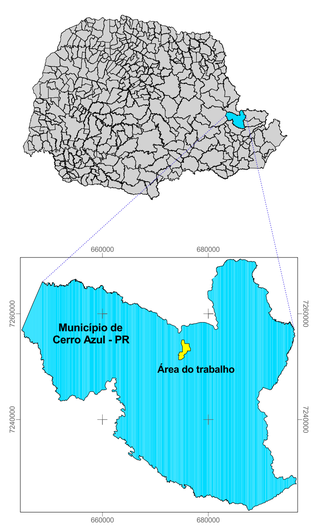
Área 4
É a principal área suscetível a MGM em Cerro Azul, até o presente. Devido à presença de residências no local, pode-se caracterizar como de Risco Geológico. O Substrato rochoso é composto por rochas metassedimentares do Grupo Açungui, metacalcários e metassedimentos siltico-argilosos, além de uma rocha intrusiva básica. Na encosta, ocorrem expressivos depósitos coluvionares com sinais de movimentação. A recomendação é a retirada das residências em situação de risco, ou se fazer um estudo geotécnico de detalhe que oriente obras civis a fim de evitar os MGM.

Degraus de Abatimento
Estes degraus ocorrem praticamente em toda a área de exposição do Granito Três Córregos, em elevadas declividades. Possivelmente são causados por abatimento de blocos pelo rebaixamento do lençol freático, decorrente da retirada da vegetação. Não se encontrou MGM associados.

- - - - Contato inferido

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Estado do Paraná



N
W E
S

200 m 0 200 m

Projeção:
Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: Imbituba - SC
Datum Horizontal: SAD 69
Meridiano Central: 51° W GR

Fonte do dado:
Base cartográfica : SEDU/PARANACIDADE (Planimétrico) - Levantamento Laser Scan da COPEL/2013 (cotas)
Sistema de Projeção UTM, Datum Sad69
Escala 1:2.000

ITCG	SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ - ITCG
Projeto:	CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS
Município:	CERRO AZUL - PR
Tema:	MAPA DE ADEQUABILIDADE DOS TERRENOS PARA OCUPAÇÃO URBANA E ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA EM CERRO AZUL. — ANEXO 5
DEGET DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA	Executor: Geólogo - Gil F. Piekarz
Data: Maio / 2018 — Escala: 1:5.000	Geoprocessamento: Téc. Mineração - Miguel Ângelo Moretti