

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Bacharelado em Geologia

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PRELIMINAR DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TATU NO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS, SP,
NA ESCALA DE 1:25.000**

Felipe Correr Junqueira

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)
2023

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

FELIPE CORRER JUNQUEIRA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PRELIMINAR
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TATU NO
MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS, SP, NA ESCALA DE
1:25.000

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Rio Claro - SP

2023

J95m Junqueira, Felipe Corrêr

 Mapeamento geológico-geotécnico preliminar da bacia hidrográfica do ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis, SP, na escala de 1:25.000 / Felipe Corrêr Junqueira. -- Rio Claro, 2023

 73 f. : il., tabs., fotos, mapas

 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

 Orientador: José Eduardo Zaine

 1. Geologia. 2. Geoprocessamento. 3. Geologia Mapas. 4. Geologia ambiental. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FELIPE CORRER JUNQUEIRA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
PRELIMINAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO
TATU NO MUNICÍPIO, SP, NA ESCALA DE 1:25.000

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Geólogo.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Profa. Dra. Vânia Silvia Rosolen

Msc. André de Andrade Kolya

Rio Claro, 29 de junho de 2023.

Assinatura do aluno

Assinatura do orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer minha família, em especial aos meus pais, Carmem de Lucia Correr Junqueira e Paulo Fernando de Mello Junqueira, por todo apoio, carinho, paciência e confiança, durante toda esta caminhada e em toda minha vida. Só tenho o que agradecer a vocês dois.

Aos meus amigos de república/faculdade e da minha infância, pelos momentos onde pude desabafar com vocês, descontraír, dar risadas, festejar e bater-papo. Muito obrigado por fazerem parte da minha vida.

Gostaria de Agradecer minha companheira, Pamela Cristina Chagas, por sempre estar ao meu lado, me incentivando, me dando forças, não deixando que eu me desanimasse nem por um segundo. Obrigado por ser está pessoa incrível, a cada dia que passa eu tenho mais certeza que você é minha melhor escolha. Te amo.

Gostaria de agradecer também ao meu orientador, Prof. Dr. José Eduardo Zaine, pelo suporte na realização deste trabalho, tanto transmitindo conhecimento como nas atividades de campo. Você possui meu carinho e admiração.

Gostaria de agradecer a Secretaria de Meio Ambiente do município de Cordeirópolis, onde realizei meu estágio, pelo fornecimento de materiais que contribuíram para a formulação deste trabalho e pelo apoio nas atividades de campo.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer a todos os funcionários da Unesp – Campus Rio Claro -SP, pois sem vocês não haveria universidade, o meu muito obrigado pela dedicação e carinho com este campus.

“O Melhor uso da vida consiste em
gastá-la por alguma coisa que
dure mais que a própria vida”

William James.

RESUMO

O mapeamento geológico-geotécnico é um recurso de extrema importância ao planejamento e gestão do meio físico, frente à expansão urbana desordenada. Neste contexto, a presente pesquisa propôs a realização da caracterização geológico-geotécnica e a elaboração do mapa geológico-geotécnico preliminar na escala de 1:25.000, da Bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP, localizada na microrregião de Limeira, mais especificamente, na zona econômica denominada de pólo cerâmico de Santa Gertrudes. A pesquisa faz necessária nesta bacia, devido à ausência de informações quanto ao meio físico e pela sua importância no abastecimento público do município. O método utilizado baseou-se no levantamento de bibliografias, bases cartográficas, na produção de bancos de dados em ambiente SIG, na análise de campo, e no cruzamento das informações. Como resultado, obteve-se a caracterização das unidades geológicas-geotécnicas, quanto a geologia, pedologia, geomorfologia, uso e ocupação, e aos processos geodinâmicos. Por fim, as informações foram sintetizadas em forma de tabela e apresentadas no mapa geológico-geotécnico preliminar.

Palavras Chaves: Mapeamento geológico-geotécnico, Bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu, Cordeirópolis – SP.

ABSTRACT

The geological-geotechnical mapping is an extremely important resource for the planning and management of the physical environment in the face of uncontrolled urban expansion. In this context, the present research proposed the characterization of the geological-geotechnical aspects and the development of a preliminary geological-geotechnical map at a scale of 1:25.000 for the Ribeirão Tatu watershed in the municipality of Cordeirópolis, São Paulo, located in the Limeira microregion, more specifically in the economic zone known as the ceramic pole of Santa Gertrudes. The research is necessary in this watershed due to the lack of information about the physical environment and its importance in the public water supply of the municipality. The methodology used was based on the review of bibliographic sources, cartographic databases, the production of databases in a GIS environment, field analysis, and information integration. As a result, the characterization of geological-geotechnical units was obtained, including geology, pedology, geomorphology, land use and occupation, and geodynamic processes. Finally, the information was synthesized in a table format and presented in the preliminary geological-geotechnical map.

Keywords: Geological-geotechnical mapping, Ribeirão Tatu Watershed, Cordeirópolis – SP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma apresentando as principais etapas da pesquisa.	3
Figura 2 – Sequência analítica de imagens áreas, quanto densidade textural e as formas de relevo.	6
Figura 3 – Bloco diagrama demonstrando a hierarquização do método da avaliação de terreno.	14
Figura 4 – Classificação genética dos tipos de solo, segundo Vaz (1996).	17
Figura 5 – Modelo padrão, para perfil de alteração das rochas e solo em regiões tropicais.	19
Figura 6 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis- SP, contendo as principais rodovias de acesso.	24
Figura 7 – Área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu, de montante até jusante.	26
Figura 8 – Mapa dos aquíferos do Estado de São Paulo, na Região de Cordeirópolis.	27
Figura 9 – Localização da Bacia Sedimentar do Paraná.	29
Figura 10 – Mapa geológico das litologias aflorantes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP.	30
Figura 11 – Coluna estratigráfica de Soares e Landim (1975), modificada por Perinotto e Zaine (2008), referente a Bacia do Paraná na Região de Rio Claro/Limeira/ Piracicaba (SP).	34
Figura 12 – Divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, com destaque em vermelho na zona do médio Tietê, onde encontra-se o local de estudos.	35
Figura 13 – Mapa Pedológico do Estado de São Paulo – Região do Município de Cordeirópolis.	37
Figura 14 – Classe dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP.	40
Figura 15 – Mapa geológico-geotécnico preliminar da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu em Cordeirópolis.	42
Figura 16 – Fotos das litologias observadas na unidade geológica-geotécnica A (ponto 89). Foto A apresenta o contato entre o siltito e o arenito, a foto B apresenta os siltitos variegados, já a foto C representa os arenitos grossos identificados na unidade.	43
Figura 17 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade A.	44
Figura 18 – Detalhe do solo arenoso encontrado nos fundos de vale na unidade A (ponto 82).	45
Figura 19 – Detalhe dos sulcos gerados no siltitos da unidade A, pela ação pluvial em encostas de alta declividade. Observado no ponto 89, próximo a linha férrea, no sul da área de estudos.	46
Figura 20 – Detalhe das rochas presentes na unidade B. A figura A apresenta o pacote sedimentar que pertence a Formação Corumbataí, em uma cava de mineração desativada	

(ponto 1) no centro-norte da bacia de estudo. Na figura B, é possível observar os argilitos presentes na formação, e na figura C os siltitos.....	47
Figura 21 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade B.	48
Figura 22 – Imagem de satélite do Google Earth, com destaque para represa do Barro Preto II apresentando uma tonalidade marrom, o que evidencia uma grande quantidade de sedimentos presentes no corpo hídrico. A direita em destaque observa-se a cava de argila desativada (ponto 1) e a esquerda da represa é possível identificar as áreas de secagem de argila.	49
Figura 23 – Detalhe dos problemas associados a erosão na unidade B. Na figura A, é possível observar a formação de sulco no terreno (ponto 20), e na figura B a formação de ravina, na margem de estradas de terra.	50
Figura 24 – Aterramento de uma feição de lagoa de topo para o plantio de cana-de-açúcar (podendo ser enquadrado como crime ambiental), observado no ponto 18, próximo a cava desativa do ponto 1 e da represa do Barro Preto II.....	50
Figura 25 – Pacote sedimentar contendo siltitos e argilitos, presente na unidade C, sob solo coluvionar espesso, aproximadamente 6 metros. Observado no ponto 45, em cava de mineração desativada, próximo a fazenda Ibicaba, no sudoeste da área de estudo.....	51
Figura 26 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade C.	52
Figura 27 – Imagem de satélite de uma típica feição de lagoa de topo (“lagoas secas”), observado na unidade C. E uma fotografia de solo hidromórficos, associado a estas feições.	53
Figura 28 – Detalhe da cava de argila desativa no ponto 45. Nota-se a degradação da paisagem, deixado pela mineradora, e as diversas lagoas artificiais originadas pelo acúmulo de água pluvial.	54
Figura 29 – Arenito médio a fino pertencente a unidade D, observado no ponto 3. Localizado no noroeste da área de estudo, na divisa entre Cordeirópolis e Araras.	55
Figura 30 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade D.....	56
Figura 31 – Intrusivas básicas da unidade E. A foto A, apresenta um afloramento de diabásio na margem da represa Santa Marina, próximo à rodovia Washigton Luís (ponto 9), já a fotografia B, apresenta uma drenagem correndo sobre uma soleira de diabásio (ponto 108).	57
Figura 32 – Diabásio pertencente a unidade E.	58
Figura 33 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade E.....	59
Figura 34 – Vista panorâmica do Morro Azul, morrote suportado por diabásio. Relevo tipo da unidade F.....	60
Figura 35 – Afloramento de diabásio muito alterado (Ponto 104).	60
Figura 36 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade F.....	61
Figura 37 – Solo contendo pó de minerais magnéticos, providos da alteração das rochas básicas (Ponto 2).....	62
Figura 38 – Típica feição de lagoa de cabeceira, na região periurbana do município, próximo à rodovia Constantine Peruchi.	63

Figura 39 – Processos e problemas identificados na unidade F. Na foto A é possível visualizar os processos erosivos nas encostas retilíneas encontrados na unidade (ponto 79). A foto B demonstra resíduos sólidos descartados em local incorreto, em encosta próximo a rede de drenagem (ponto 68). Na foto C, foi observado uma escavadeira realizando obras em meio ao solo da unidade F contendo blocos de diabásio.	64
Figura 40 – Blocos de laterita com graus de alteração diferentes, característicos da unidade G (ponto 60).	65
Figura 41 – Lagoa de topo com formato circular, observado na unidade G.	66
Figura 42 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade G.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese e comparação das principais características dos métodos de cartografia geológica- geotécnica da EESC/USP e do IPT.....	12
Quadro 2 – Quantificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Tatu, na região de Cordeirópolis.....	38
Quadro 3 – Quadro síntese contendo algumas das principais características das unidades geológicas – geotécnicas.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EESC/USP - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo

FM. - Formação

IF – Instituto Florestal

IAEG - *International Association of Engineering Geology*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG - Instituto Geológico do Estado de São Paulo

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

N.A. - Nível de Água Subterrânea

PCJ – Piracicaba, Capivari e Jundiaí

SIG – Sistema de informação Geográfico

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Unesp - Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	2
2	MATERIAIS E MÉTODOS	3
2.1	Fase Pré – Campo	3
2.1.1	Pesquisa Bibliográfica	4
2.1.2	Aquisição e Confeção das Bases Cartográficas	4
2.1.3	Identificação e Delimitação Prévia das Unidades Geológica-Geotécnicas	5
2.2	Fase de Campo	8
2.3	Fase Pós – Campo	8
2.3.1	Confeção do Mapa Geológico-Geotécnico	8
2.3.2	Confeção dos Perfis de Alteração e do Quadro Síntese contendo as Principais Características das Unidades Geológicas-Geotécnicas	9
2.3.3	Redação	9
3	BASE TEÓRICA	10
3.1	Cartas e/ou Mapas Geológico-Geotécnicos	10
3.2	Unidades Geológicas-Geotécnicas	13
3.3	Geomorfologia	14
3.4	Perfis de Alteração	16
3.5	Processos Geodinâmicos e Comportamento do Meio Físico Frente a Ocupação Urbana	21
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
4.1	Área de Estudo	23
4.2	Clima	25
4.3	Hidrografia	25
4.4	Hidrogeologia	27
4.5	Contexto Geológico	28
4.5.1	Litoestratigrafia	29
4.6	Contexto Geomorfológico	34

4.7	Contexto Pedológico	36
4.8	Uso e Ocupação do Solo	38
5	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS.....	41
5.1	Unidade A – Siltitos e Arenitos Associados a fundo de Vales e Encostas de Média Declividade.....	43
5.2	Unidade B – Domínio da Formação Corumbataí.....	46
5.3	Unidade C – Colúvios Sobre a Formação Corumbataí	51
5.4	Unidade D – Arenito em Relevo de Topo Associado a Formação Piramboia	54
5.5	Unidade E – Intrusivas Básica Associada à Fundo de Vale.....	56
5.6	Unidade F – Intrusiva Básica Associada a Morrotes, Vertentes e Baixa encosta.....	59
5.7	Unidade G – Intrusivas Básicas Associadas a Relevo de Topo de Baixa declividade	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
	APÊNDICE A – Mapa de Pontos	
	APÊNDICE B – Tabela de Pontos	
	APÊNDICE C – Mapa de Declividade	
	APÊNDICE D – Mapa Geológico-Geotécnico Preliminar na Escala de 1:25.000	

1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos dois séculos, a população mundial vem crescendo de forma mais acelerada. Tal fator influencia na expansão e nos processos de urbanização, ou seja, ocorre o aumento da população urbana em relação à população rural, o que implica na expansão física das cidades e nas transformações de áreas anteriormente não urbanizadas em ocupação urbana. No Brasil, segundo dados do IBGE, no ano de 1940 a população brasileira que vivia nas cidades era de 31,2%, enquanto que em 2015 esse número subiu para 84,7%, um aumento de 53,5% em 75 anos.

O rápido crescimento populacional e urbano pode desencadear diversos problemas como: desigualdade social, falta de moradias adequadas, deficiência dos serviços públicos, estresse sobre os recursos naturais, degradação ambiental, dentre outros. Assim, faz-se necessário um planejamento adequado para o desenvolvimento sustentável, e a implementação de políticas de expansão urbana para lidar com os desafios do crescimento populacional.

Segundo Prandini *et al.* (1995), o rápido crescimento populacional urbano no Brasil possui caráter econômico, negligenciando as potencialidades e limitações do meio físico. O reconhecimento das potencialidades e limitações frente à ocupação urbana, é fundamental para contornar ou se evitar os processos geodinâmicos e problemas decorrentes do mau uso do solo e ocupação do meio.

Neste contexto, o mapeamento geológico-geotécnico apresenta-se como uma ferramenta de extrema importância ao planejamento territorial, que possui o objetivo de orientar medidas preventivas e corretivas para a ocupação urbana. Tendo isto em vista, tal mapeamento propõe a compreensão das características do meio físico (rocha, solo e formas de relevo), dos processos geológicos (erosão, deslizamento, inundação, etc), e a interação antrópica com o meio.

A realização do mapeamento geológico-geotécnico requer diversas técnicas de investigação, como sondagens (amostragem do subsolo), atividade de campo para o reconhecimento das características *in situ*, ensaios laboratoriais de solo e rocha, bem como o uso de tecnologias geoespaciais, como o sensoriamento remoto. Porém neste presente trabalho, foram adquiridos apenas informações através dos produtos de sensoriamento remoto e da investigação de campo, o que caracteriza o mapeamento geológico-geotécnico como preliminar.

Por fim, a área de estudo escolhida para a realização do mapeamento preliminar geológico-geotécnico foi a Bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP. As justificativas para tal escolha foram: a ausência de trabalhos técnicos específicos ao planejamento urbano, e a importância da bacia para o município, como fonte de abastecimento público, além disso, a bacia também é área da expansão urbana.

1.1 Objetivos

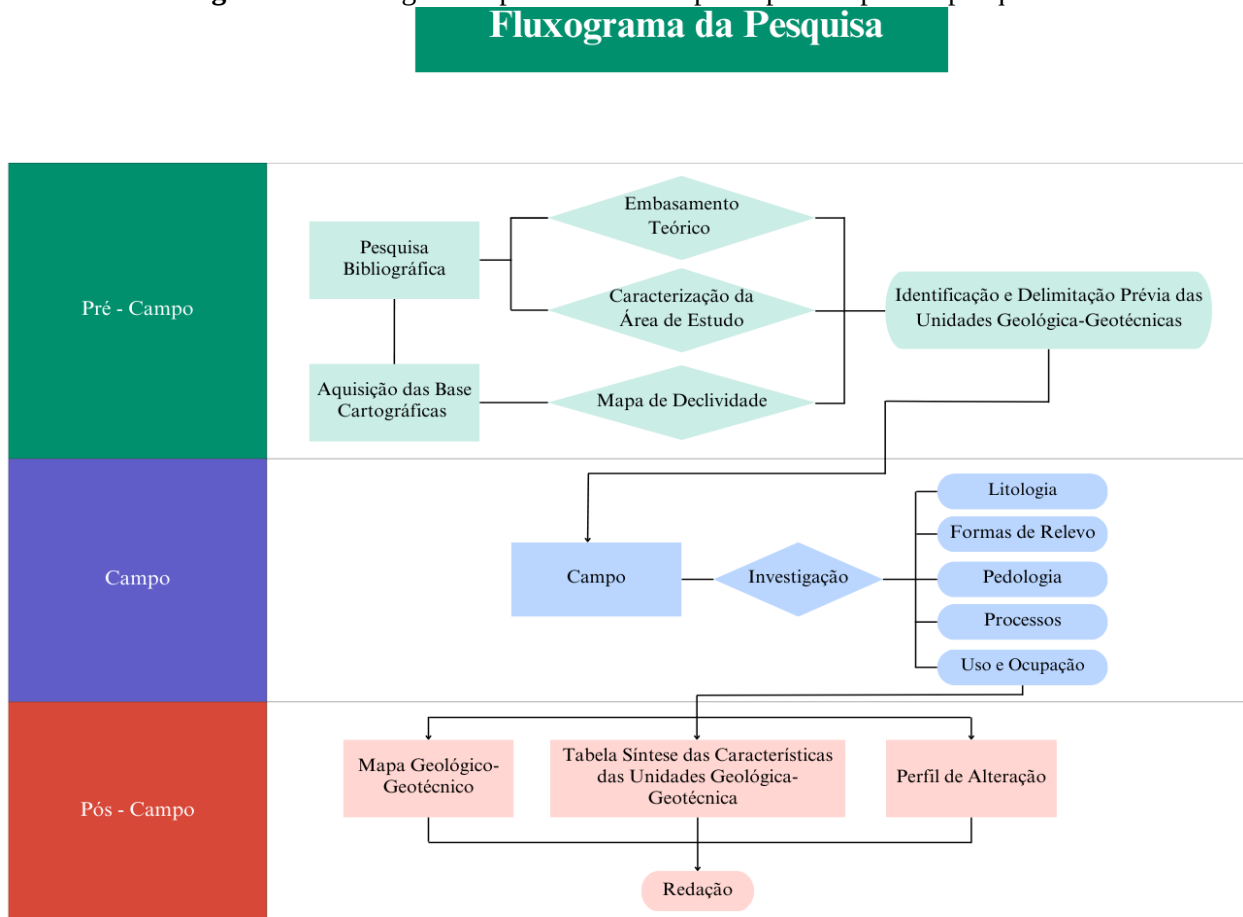
O presente trabalho teve o intuito de elaborar o mapa geológico-geotécnico preliminar na escala de 1:25.000, da região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis, por meio da análise integrada de características do meio físico como: substrato rochoso; solo; formas de relevo; processos geodinâmicos; uso e ocupação e a utilização de produtos de sensoriamento remoto.

Almeja-se que os resultados gerados neste trabalho, possam servir como produtos auxiliares em futuras pesquisas de maior detalhamento quanto ao uso e ocupação do meio físico e suas potencialidades, e ao planejamento territorial do município.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração da presente pesquisa decorreu em 3 fases distintas, fase pré – campo, fase de campo, e a fase pós – campo. Estas e seus subitens são apresentadas no fluxograma na Figura 1 e descritos na sequência.

Figura 1 – Fluxograma apresentando as principais etapas da pesquisa.



Fonte: Produzido pelo autor.

2.1 Fase Pré – Campo

A fase pré – Campo, é a fase que antecedeu as atividades de campo, que teve como propósito: o alinhamento do objetivo do trabalho, a organização das bases cartográficas, e o levantamento das principais características físicas da área de estudo, por meio da bibliografia existente. De modo que, a reunião de tais materiais possibilitou a caracterização das propriedades

físicas e a delimitação da área de estudo, viabilizando a pré definição das unidades geológicas-geotécnicas da área.

2.1.1 Pesquisa Bibliográfica

O intuito da pesquisa bibliográfica, foi de compilar as principais informações quanto às cartas e/ou mapas geológicos-geotécnicos, os fatores que influenciam a separação das unidades como: as diversas formas de relevo, perfil de alteração do solo, e os processos geodinâmicos assim como o comportamento do meio frente ao uso e ocupação antrópica. Nesta etapa também foram analisados trabalhos pertinentes à geologia regional, pedologia, geomorfologia, clima, hidrografia, hidrogeologia, e o uso e ocupação da área de estudo.

O tipo de bibliográficas consultadas para o fortalecimento da pesquisa foram: artigos, teses de mestrado e doutorado, periódicos, relatórios técnicos, mapas, dentre outros. De forma que foram pesquisados na biblioteca da Unesp – Rio Claro, sites como do DataGeo e da CPRM, Google Acadêmico, e na Secretaria de Meio Ambiente do município de Cordeirópolis. Todos os materiais bibliográficos utilizados neste presente trabalho, constam no capítulo de referência.

2.1.2 Aquisição e Confecção das Bases Cartográficas

Nesta etapa, procurou-se elaborar as bases cartográficas necessárias para a pesquisa, agrupando todo material (raster e shapefile) adquirido em um banco de dados em ambiente SIG, utilizando o software QGIS. A seguir estão descritas as bases cartográficas utilizadas:

- Folhas topográficas na escala 1:10.000 do IGC de 1979.
 - N° 065/092
 - N° 066/092
 - N° 067/092
 - N° 065/093
 - N° 066/093
 - N° 067/093
- Limite municipal na escala 1:50.000 da malha municipal do Estado de São Paulo do IGC de 2015.

- Carta geológica do pólo cerâmico de Santa Gertrudes na escala 1:100.000 de 2014.
- Mapa pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:750.000 de 2017.
- Imagens do Google Satellite de alta resolução.

Após o georreferenciamento das folhas topográficas, estas foram vetorizadas na escala 1:10.000 com a equidistância 10 metros das curvas de níveis. Tal procedimento, foi essencial para a vetorização das linhas de drenagem, posterior delimitação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis, o mapa de declividade (Apêndice C), e assim como os demais produtos cartográficos.

2.1.3 Identificação e Delimitação Prévia das Unidades Geológica-Geotécnicas

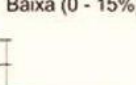
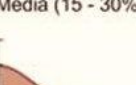
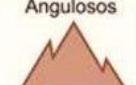
A última etapa da fase de pré – campo, foi a identificação e a delimitação prévia das unidades geológicas-geotécnicas, no qual se mostrou uma etapa preliminar fundamental para um reconhecimento geral da área, quanto à proposta do trabalho.

Tal reconhecimento e delimitação, foram realizados de acordo com a metodologia de interpretação fotogeológica proposta por Zaine (2011), que consiste na identificação da densidade textural dos elementos de drenagem, análise das formas e características do relevo, análise das estruturas geológicas, e análise complementar (Figura 2), de modo a agrupar as características semelhantes em zonas homólogas. As imagens do Google Satellite com sobre elevação, fotos aéreas, a base topográfica, e o mapa de declividade, foram de extrema relevância para a execução desta tarefa. Os critérios adotados para tal delimitação foram: densidade dos elementos de drenagem, permeabilidade, amplitude local, declividade, forma de encosta e a forma de topo.

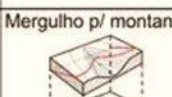
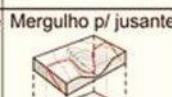
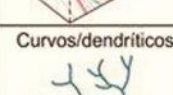
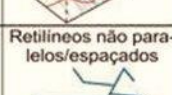
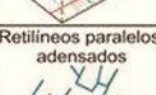
Posteriormente, foram identificadas e delimitadas as unidades geológicas-geotécnicas prévias, definidas com base na análise integrada das informações levantadas anteriormente. Tal técnica proporciona a sintetização das informações e um único produto cartográfico, dividido em unidades de terreno que representam as diferentes características, relacionados as formas de relevo, geologia, solo, e os processos geodinâmicos (Zaine, 2011).

Figura 2 – Sequência analítica de imagens áreas, quanto densidade textural e as formas de relevo.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km ²) 	Média (5 a 30/10 km ²) 	Alta (> 30/ km ²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)

2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande(> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos * Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise Registros de processos geológicos	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

(continua)

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Topia	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espaçados 	Retilíneos paralelos/adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.

** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011).

2.2 Fase de Campo

Na fase de campo, buscou confirmar e/ou ajustar os resultados obtidos na fase anterior, analisando os aspectos julgados como pertinentes, baseados na literatura quanto ao mapeamento geológico-geotécnico de caráter preliminar. Os aspectos analisados foram:

- Substrato rochoso: identificação da litologia assim como a textura e estrutura da mesma
- Pedologia: descrição do material inconsolidado/solo quanto a textura e estrutura, e o perfil de alteração.
- Geomorfologia: observação das formas e feições do relevo.
- Processos Geodinâmicos: definição dos tipos de processos que ocorrem em cada unidade.
- Uso e ocupação do meio: observação quanto ao tipo e eventuais problemas que podem estar associados.

Nesta etapa um total de 113 pontos foram descritos, distribuídos em uma área de 85, 5 km² (densidade de 1,3 pontos por km²). Estes pontos estão registrados no mapa de pontos na escala de 1:25.000 (Apêndice A) e na tabela de pontos (Apêndice B).

Tal procedimento possibilitou uma compreensão mais lúcida sobre as unidades geológico-geotécnicas que compõem a área de estudo.

2.3 Fase Pós – Campo

Na última fase do trabalho, buscou-se analisar, interpretar e compilar todas as informações anteriormente adquiridas, em forma de tabelas, croquis, mapas e dissertação.

2.3.1 Confeção do Mapa Geológico-Geotécnico

A confecção do mapa geológico-geotécnico na escala de 1:25.000 (Apêndice D) ocorreu em ambiente SIG, no software Qgis, correlacionando as informações obtidas durante a delimitação e identificação prévia das unidades, juntamente com os dados coletados em campo.

Este mapa tem como intuito facilitar a visualização e compreensão da distribuição das unidades geológicas-geotécnicas ao longo da área estudada, assim como a identificação de alguns processos de caráter geológico, e feições de relevo.

2.3.2 Confeção dos Perfis de Alteração e do Quadro Síntese contendo as Principais Características das Unidades Geológicas-Geotécnicas

Com o objetivo de consolidar as informações coletadas em campo para cada unidade geológico-geotécnica observada, foi elaborado um quadro de síntese abrangendo as principais características dessas unidades, conforme apresentado no Apêndice D. Esse quadro inclui detalhes como domínio geológico, substrato rochoso, composição do solo, propriedades do relevo, densidade e permeabilidade de drenagem, bem como os principais processos e problemas identificados em campo.

Além disso, foi realizado a confecção de croquis dos perfis de alteração, com o intuito de demonstrar o modelo padrão do perfil de alteração de cada unidade, baseados nas observações de campo como: o tipo de solo (fundamentado na classificação proposta por Vaz, (1996)), textura do solo, cor, espessura e nas inferências feitas a partir das texturas e estruturas das rochas. A simbologia adotada para a confecção dos perfis foi a NBR 13441 de agosto de 1995 recomendada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Esses perfis foram elaborados utilizando o software CorelDRAW 2020 e podem ser visualizados no capítulo 5.

2.3.3 Redação

Por fim, toda a informação adquirida e produzida em todas as etapas precedentes, foram agrupadas na presente monografia, no qual apresenta-se como o Trabalho de Conclusão de Curso.

3 BASE TEÓRICA

Este capítulo reúne alguns conceitos fundamentais para o desenvolvimento da presente pesquisa. Dentre os conceitos julgados como essenciais estão: cartografia geológica-geotécnicas, divisão das diferentes unidades geológicas-geotécnicas, geomorfologia, perfis de alteração, e os principais processos geodinâmicos que afetam os terrenos.

3.1 Cartas e/ou Mapas Geológico-Geotécnicos

A elaboração do mapeamento geológico-geotécnico é de suma importância para o entendimento da geologia e das propriedades geotécnicas de uma determinada localidade. A realização desse mapeamento dá-se por meio da integração de diversas informações, tais como: geologia, pedologia, topografia, hidrogeologia, dentre outras. De modo que esses dados são compilados e apresentados em forma de cartas e/ou mapas geológico-geotécnicos.

Nesse entendimento surgiram diversos autores, que discorrem sobre os conceitos, objetivos, e metodologias no que tange a cartografia geológica-geotécnica. A seguir será abordado de forma sucinta as ideias de alguns dos autores.

Varnes (1974), comenta que as cartas e/ou mapas geológico-geotécnicas, são produtos da manipulação de diversos dados espaciais, como: litologia e estruturas observadas em solos e rochas, hidrogeologia, geomorfologia e processos geodinâmicos.

IAEG (*International Association of Engineering Geology*, 1976), conceitua as cartas e/ou mapas geológico-geotécnicas, como sendo um tipo de mapa geológico que expõe o arranjo e as relações entre os diferentes elementos espaciais geológicos (com ênfase nas rochas, solos e relevo), visando o planejamento do terreno para implementações de projetos de engenharia civil e de minas.

Zuquette (1987), distingue cartas de mapas geológico-geotécnicas, debatendo que os mapas apresentam as componentes geotécnicas (geologia, pedologia, topografia, uso e ocupação) de maneira gráfica sem interpretações envolvidas, sendo que as cartas possuem interpretações das componentes compreendidas, objetivando a aplicação aos diferentes tipos de ocupação do meio físico.

De acordo com Cerri (1990), as cartas e/ou mapas geológico-geotécnicas são mapas que representam as propriedades geológico-geotécnicas do meio físico (rochas, solos e formas de

relevo), a geodinâmica dos processos naturais e dos induzidos antropicamente frente aos diversos usos e ocupação do meio. O autor ainda classifica as cartas e/ou mapas em genéricas e específicas, sendo que a primeira tem o objetivo de indicar e orientar o planejamento do uso e ocupação, já a segunda visa determinar e restringir os projetos de engenharia impondo uma forma mais pertinente de uso e ocupação do meio.

Nakazawa *et al.* (1991), discorrem que as cartas e/ou mapas geológico-geotécnicas tem como objetivo a redução dos prejuízos e riscos geodinâmicos em potenciais provenientes da ocupação do meio físico, definindo metas de prevenção e correção. Além do mais, os autores definiram as cartas e/ou mapas como produtos da delimitação e homogeneização das áreas com problemas existentes e/ou em potenciais.

Prandini *et al.* (1995), assim como Nakazawa *et al.* (1991), comentam que o objetivo das cartas e/ou mapas geológicos-geotécnicos, são de orientar medidas de prevenção e correção, com o intuito de minimizar os impactos causados ao meio físico, devido aos problemas decorrentes do uso e a ocupação. Prandini *et al.* (1995), elucidam ainda que tais cartas e/ou mapas, exprimem o conhecimento prático geológico, aplicados à resolução das adversidades implicadas pelo uso e ocupação do solo.

Zaine (2000), analisando diversos métodos empregados no Brasil na produção de cartas e/ou mapas geológicos-geotécnicos, sintetiza e compara dois dos principais métodos utilizados, o do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e o da EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo). O Quadro 1 apresenta a síntese e a comparação dos aspectos das metodologias abordadas pelo autor supracitado.

Quadro 1 – Síntese e comparação das principais características dos métodos de cartografia geológica-geotécnica da EESC/USP e do IPT.

Aspecto abordado	EESC/USP	IPT
Escala e área total mapeada (EESC - menores que aquelas adotadas pelo IPT)	Mapas geotécnicos (ou cartas) convencionais, com predomínio de escalas de 1:100.000 e 1:50.000, para áreas de maior dimensão (Piracicaba, Amparo e Aguai), com trabalho de maior detalhe realizado na escala 1:20.000 (Araraquara).	Mapas geotécnicos como os de Santos e São Vicente, São Paulo e Petrópolis que, independentemente da dimensão da área de estudo, adotam escalas de 1:5.000 e 1:10.000. Embora existam áreas com mapas em diferentes escalas, não há uma relação entre eles nos moldes do detalhamento progressivo
Número de zonas/ unidades geotécnicas definidas	Apresentam um número elevado de zonas/unidades geotécnicas, destacando-se o trabalho realizado no município de Piracicaba (SP), no qual foram estabelecidas 107 zonas.	Os mapas apresentam um número relativamente baixo de unidades geotécnicas, não superior a 11.
Parâmetros geotécnicos	A quantificação de parâmetros geotécnicos por meio de ensaios de laboratório é muito utilizada.	Não apresentam quantificação de parâmetros por meio de ensaios de laboratório.
Número de documentos cartográficos	Apresentam uma série de mapas/cartas geotécnicas (mapa das condições geotécnicas, mapa de zoneamento geotécnico e mapa de zoneamento geotécnico específico), podendo ser considerada uma grande quantidade.	Em geral, apenas uma carta geotécnica é apresentada ao final dos trabalhos.
Processos geológicos	Não necessariamente consideram a análise dos processos geológicos instalados e/ou potenciais para a elaboração dos cartogramas.	Na elaboração das cartas, os processos geológicos instalados e/ou potenciais, são sempre considerados desde o início dos trabalhos.
Finalidade	Destinam-se ao planejamento do uso do solo.	Apresenta cartas geotécnicas dirigidas, que visam uma aplicação mais imediata, pois parte da identificação dos problemas decorrentes da interação entre o meio físico geológico e a ocupação, buscando ainda a correção desses problemas. Também se destinam ao planejamento do uso do solo.
Método	Tem por base as metodologias internacionais clássicas, como IAEG e SANEJUAOAND.	Dirige o trabalho de forma específica.

Fonte: Extraído de Zaine (2000).

De modo geral, nota-se que a metodologia empregada pelo IPT possui um caráter de aplicação prática, de soluções mais imediatas, quanto a metodologia da EESC/USP prioriza uma análise mais profunda dos dados, focando no planejamento do uso e ocupação do solo. É importante comentar que essas diferenças apresentadas, não denotam superioridade metodológica uma sobre a outra, e sim que apresentam um foco e abordagem diferentes que podem ser utilizadas como métodos complementares.

3.2 Unidades Geológicas-Geotécnicas

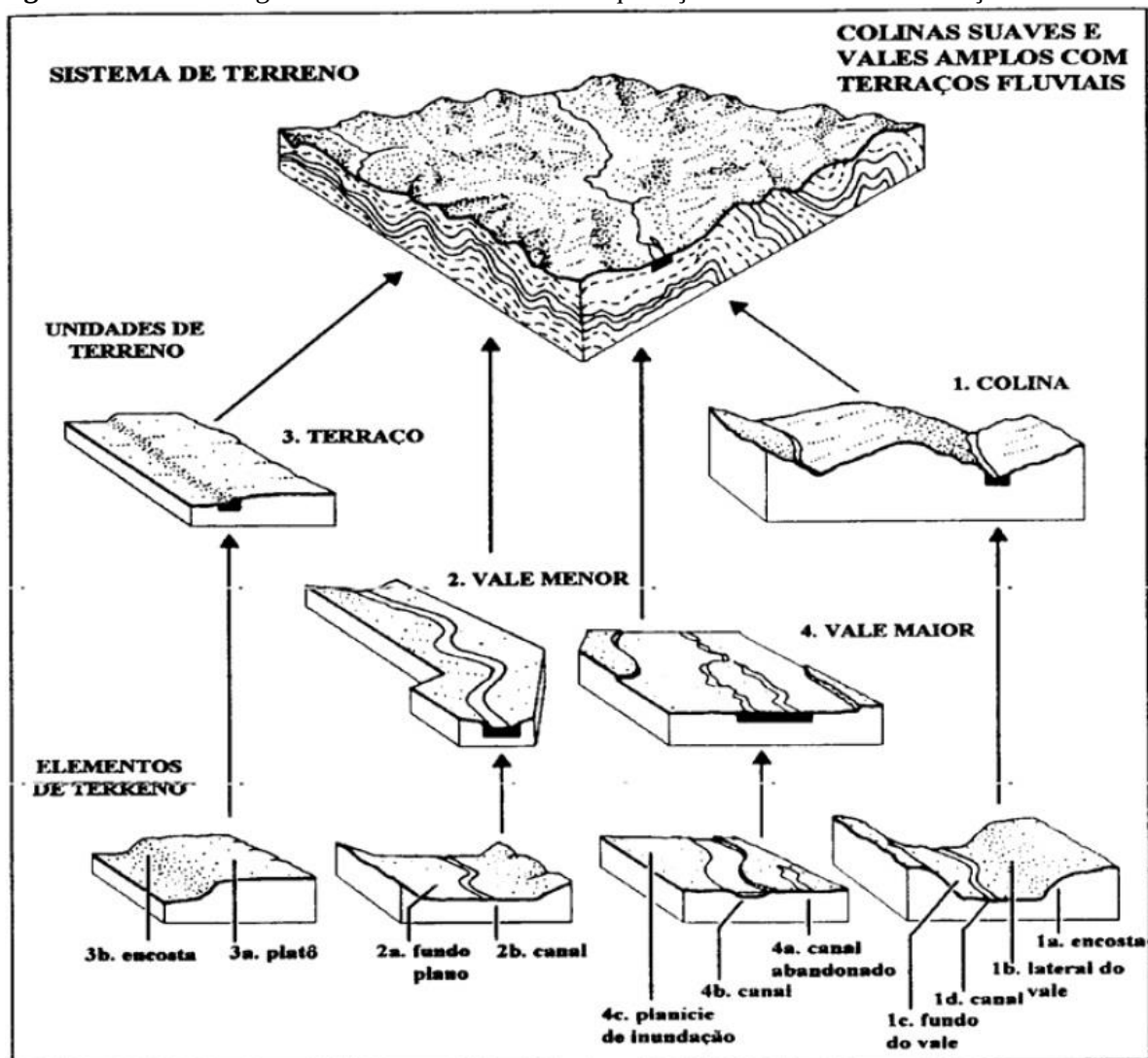
Um passo fundamental na realização de trabalhos voltados à cartografia geológica-geotécnica é a compreensão e a divisão das diferentes unidades geológicas-geotécnicas contidas nas áreas de estudos. Tais unidades podem ser definidas pelo seguinte conjunto de informações: geológicas, pedológicas, geomorfológicas e informações sobre comportamento geodinâmico do meio físico.

Lollo (1995), em seu trabalho de mapeamento geológico-geotécnico, utiliza o método da avaliação de terreno. Pois de acordo com Lollo (*op. cit.*), o método baseia-se no reconhecimento, interpretação e na análise de feições do relevo, denominados de “*landforms*”. Ainda conforme o autor, a aplicação do método de avaliação de terreno envolve dividir a área de estudo em unidades cada vez menores, dependendo da escala e propósito desejado, sendo hierarquizadas em três níveis: sistema de Terreno, unidade de terreno e elemento de terreno (Figura 3). Podendo ser realizado por meio de informações de sensoriamento remoto e/ou trabalhos de campo, com base nas homogeneidades das formas de terreno.

Lollo (*op. cit.*), comenta que a divisão preliminar das unidades na elaboração de mapas geológicos-geotécnicos, possuem dois enfoques, um fisiográfico e outro paramétrico. Onde o primeiro tem um foco na análise de fotografias aéreas e trabalho de campo, enquanto o segundo possui o enfoque na geometria das formas de relevo, em relação a declividade, amplitude, elementos de drenagem, dentre outros aspectos.

Segundo Zaine (2000), o termo unidades geológico-geotécnicas (unidades de relevo + unidades geológicas + informações pedológicas) é o mais adequado aos mapas que possuem uma análise geomorfológica forte, integrado a dados de substrato geológico e a informações dos tipos de solo.

Figura 3 – Bloco diagrama demonstrando a hierarquização do método da avaliação de terreno.



Fonte: Modificado de Cooke & Doornkamp, (1990).

3.3 Geomorfologia

A geomorfologia é um ramo das Ciências da Terra, que tem como objetivo estudar as diferentes formas de relevo, assim como os processos endógenos e exógenos envolvidos na origem e evolução da paisagem. Tais formas e processos possuem como fatores condicionantes, os sistemas climáticos, biológicos (fauna e flora), geológico e o antrópico (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A fim de padronizar os estudos geomorfológicos, surgem diversos modelos de classificação e de análise dos elementos e formas de relevo, sendo que no Brasil destacam-se os modelos; que

abordam o conceito de sistemas de relevo e os que abordam os conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas.

Ponçano *et al.* (1981), na elaboração do mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo, adotam o conceito de sistema de relevo, a fim de distinguirem as áreas adjacentes entre si com base em seus atributos físicos. Os autores, subdividiram a área de estudo em: províncias, zonas, subzonas, e, ainda separaram os conjuntos de formas relevo em sistema de relevo. A identificação e delimitação das províncias, teve apoio no estudo realizado por Almeida (1964) e em produtos de sensoriamento remoto. Já as zonas, subzonas, e sistemas de relevo, foram delimitadas e identificadas por meio da utilização de cartas topográficas. Para a definição das características morfológicas de cada sistema de relevo identificado, no mapeamento, levou em consideração os seguintes atributos: declividade, amplitude, perfil de encostas, formas de topo, e padrão e densidade de drenagem.

Nota-se, que o trabalho geomorfológico realizado por Ponçano *et al.* (1981), e o trabalho de mapeamento geológico-geotécnico, com base na análise de sistema de terreno, realizado por Lollo (1995), possuem critérios de hierarquização das divisões de unidades semelhantes (ZAINE, 2000).

No entanto, Ross & Moroz (1997) adotaram os conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas, para a realização do mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. O conceito de morfoestrutura refere-se à origem das formas de relevo, focando na identificação das características estruturais, litológicas e geotécnicas, para definir grandes compartimentos do relevo. Enquanto que o conceito de morfoescultura, está relacionado aos elementos morfológicos resultantes da influência meteorológica, controlada pelo tipo de clima da região e características geológicas do meio. Neste contexto, Ross & Moroz (op. cit.), propuseram uma organização hierárquica, com a definição de 6 táxons:

- **1º Táxon:** Representada pelas unidades morfoestruturais, que são classificadas em: plataformas, crátons, bacias sedimentares e cinturões orogênicos.
- **2º Táxon:** São as unidades morfoesculturais, que podem ser classificadas como: planaltos, serras e depressões.
- **3º Táxon:** São as unidades morfológicas ou padrões de forma semelhantes de relevo, que são classificados em função da rugosidade do relevo, formato dos topos, vertentes e vales.

- **4º Táxon:** É representado pelas formas de relevo, como: planícies de inundação, terraços fluviais e marinhos, planícies lacustres, formas de relevo resultantes da erosão (colinas e morros, assim como as formas de topos; aplainados, arredondados ou angulosos).
- **5º Táxon:** Representado pelos tipos de vertentes (côncavas, convexas e retilíneas)
- **6º Táxon:** Representado pelas formas de relevos produzidas pela ação antrópica, como: sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes derivadas dos movimentos de massa, cortes e aterros.

Ponçano *et al.* (1981), concluem que os estudos geomorfológicos são uma ferramenta de grande importância para o mapeamento, permitindo definir limites entre os sistemas de relevo, baseado nos atributos dos elementos de relevo.

3.4 Perfis de Alteração

A análise e a compreensão dos perfis típicos de alteração dos solos são essenciais aos estudos de mapeamento geológico-geotécnico, uma vez que são elementos que auxiliam na delimitação das diferentes unidades geológica-geotécnicas de uma determinada área, levando em conta a espessura, o grau de evolução e o tipo de formação desses perfis. Vale ressaltar que os diferentes perfis de alteração refletem em características físicas e geotécnicas distintas, o que impacta diretamente no uso e ocupação do meio físico (SOUZA, 1992).

Frente às complexidades dos perfis de alteração, pertinente às regiões tropicais, Vaz (1996) por meio de estudos, propôs uma classificação genética para os solos. Tal classificação (Figura 4), admite dois grandes grupos; solos residuais, desenvolvidos *in situ*, que possui sua divisão baseado no grau de alteração da rocha o que implica na diferenciação dos horizontes de alteração; e o solos transportados, no qual sua divisão é baseada no tipo de agente que atuou em seu transporte até sua deposição. A seguir será descrito sucintamente a classificação proposta pelo autor supra citado:

Figura 4 – Classificação genética dos tipos de solo, segundo Vaz (1996).



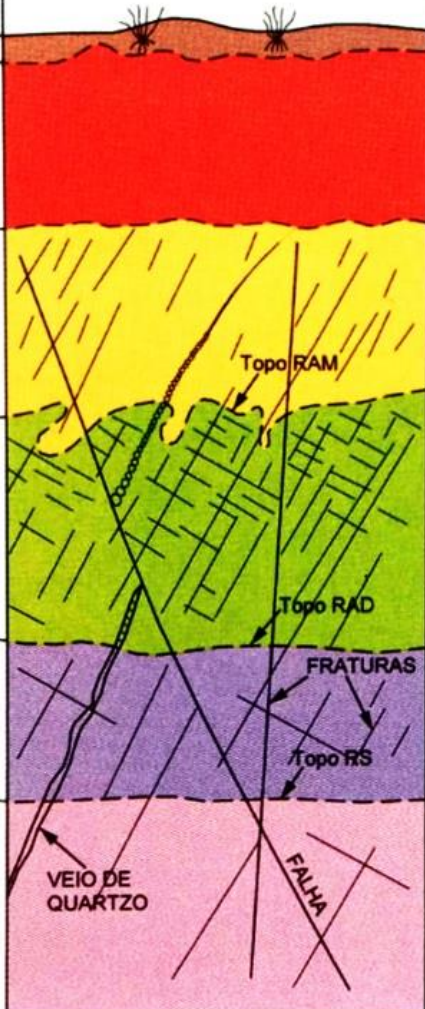
Fonte: Modificado de Vaz (1996).

- **Solos Residuais ou *in situ*:** São solos que se formam diretamente a partir das ações intempéries (química, física e/ou biológica) sobre as rochas subjacentes, localizando-se em seu lugar de origem. Esses solos podem apresentar características semelhantes as rochas pretéritas, o que depende de quão longa foi sua exposição aos efeitos dos intemperismos e de quais tipos, de modo que esses fatores também controlam o quão profundo e quão bem definidos são os horizontes. Com base na evolução desses solos, Vaz (1996), os divide em solo de alteração e solo eluvial.
 - **Solo de Alteração (SA)** – São solos heterogêneos, que ainda preservam parte das características da rocha pretérita, como estruturas e texturas.

- **Solo Eluvial (SE)** – É um solo mais profundo e homogêneo, que já não apresenta nenhuma relação de estruturas e textura com a rocha pretérita. Também denominado como solo laterítico.
- **Solos Transportados:** São solos que se formam a partir dos diferentes tipos de intemperismos e sofreram a ação dos agentes erosivos, como mar, rios, ventos, gelo e gravidade, transportando assim as partículas geradas pelo intemperismo para uma localização diferente de sua origem, também possui pouca diferenciação entre os horizontes. Vaz (1996), diferenciou esse solo em 5 grupos distintos, com base no agente erosivo que atuou em sua formação, classificando os em:
 - **Solo Eólicos (SO)** – São solos contidos de partículas finas transportados e retrabalhados pela ação dos ventos. Sendo assim os solos mais bem selecionados quanto seus sedimentos.
 - **Sedimentos Marinhos (SM)** – São solos constituídos de sedimentos inconsolidados de composição quartzosa, com grão de tamanho areia fina a média, retrabalhados e depositados pela ação das marés.
 - **Tálus (TT)** – São solos que foram depositados geralmente no sopé de encostas, devido a ação da gravidade, constituídos de sedimentos inconsolidados e blocos de rochas.
 - **Coluvião (CO)** – Os solos coluvionares, assim como o de tálus, são formados no sopé de encostas devido a ação da gravidade, porém não apresentam blocos de rocha em sua constituição.
 - **Aluvião (AL)** – São solos formados pela ação de corpos hídricos, constituído de sedimentos retrabalhados de diferentes granulometrias (o tamanho do grão tem correlação direta com a energia do ambiente, quanto maior energia, maior a granulometria do material). Os sedimentos são depositados tanto em margens e leitos de drenagens, como em lagos e lagoas.

Vaz (1996), propôs também um modelo padrão para o perfil de intemperismo das rochas e solos de regiões tropicais (Figura 5). O Autor definiu 5 classes de horizontes em seu perfil, sendo 3 classes de rocha e 2 classes de solo. Em seguida será apresentado uma breve descrição dessas classes:

Figura 5 – Modelo padrão, para perfil de alteração das rochas e solo em regiões tropicais.

CLASSIFI- CAÇÃO	CLASSES	PERFIL DE INTEMPERISMO	PROCESSOS	MÉTODOS DE		COMPOR- TAMENTO
				ESCAVA- ÇÃO	PERFU- RAÇÃO	
SOLO RESIDUAL	SOLO VEGETAL		PEDOLÓGICOS	LÂMINA DE AÇO ("SCRAPER", ENXADÃO, FACA) 1º	A PERCUSSÃO COM TRADO OU LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL AO SPT	HOMOGÊNEO ISOTRÓPICO
	SOLO ELUVIAL (SE)		S1			HETEROGÊNEO ANISOTRÓPICO
ROCHA	SOLO DE ALTERAÇÃO (SA)	S2	INTEMPÉRICOS QUÍMICOS	ESCARIFICADOR (PICARETA) 2º	A PERCUSSÃO COM LAVAGEM ↓ IMPENETRÁVEL A LAVAGEM POR TEMPO	DEPENDENTE DO TIPO DE ROCHA
	ROCHA ALTERADA MOLE (RAM)	R3				
	ROCHA ALTERADA DURA (RAD)	R2	INTEMP. FÍSICOS	EXPLOSIVO 3º	ROTATIVA	
ROCHA SÃ (RS)	R1	INCIPIENTES OU AUSENTES				

Fonte: Modificado de Vaz (1996)

- **Classe R1 – Rocha Sã (RS):** Rocha pouco alterada ou sem nenhuma alteração, apresentando todas suas características físicas e químicas originais.
- **Classe R2 – Rocha Alterada Dura (RAD):** Rocha apresentando alteração textural, influenciando na coloração dos minerais, o que pode ser potencializado pela percolação de fluidos nas fraturas existentes.
- **Classe R3 – Rocha Alterada Mole (RAM):** Rocha muito fraturada, devido ao intemperismo, permitindo assim um grande fluxo de fluidos, mantém parte das

características texturais e estruturais da rocha são. Esta classe pode chegar a uma espessura de 10 metros, porém pode estar ausente em alguns perfis de alteração.

- **Classe S2 – Solo de Alteração (SA):** horizonte heterogêneo em relação a estruturas e texturas, apresentando ainda algumas características da rocha mãe.
- **Classe S1 – Solo Eluvial (SE):** horizonte homogêneo em relação a estruturas e texturas. Já não apresenta nenhuma relação com a rocha-mãe.

Já Redaelli & Cerello (1998), apresentam uma classificação para os materiais inconsolidados e rochas, com base no quão fácil o material pode ser escavado. As classes de rocha foram divididas em; rocha muito dura, rocha dura e rocha branda, e as classes de materiais inconsolidados foram divididas em; material brando e friável. Em sequência será apresentado uma breve descrição dessas classes, dá mais difícil a mais fácil quanto à escavabilidade:

- **Rocha Muito Dura** – Material inalterado ou pouco alterado, com muita alta resistência à escavação e perfuração, sendo necessário a utilização de explosivos para seu desmonte.
- **Rocha Dura** – Material pouco alterado, com alta resistência à escavação e perfuração, sendo necessário a utilização de explosivos para seu desmonte.
- **Rocha Branda** – Material muito fraturado com diferentes graus de alteração, possui uma resistência razoável à escavação e perfuração. Pode ser desmontada com explosivos de baixa potência e com ferramentas de escavação, utilizando as fraturas na facilitação do desagregamento dos blocos.
- **Material Brando** – Material alterado com certa coesão, composto de solo argiloso e arenoso (pode também ocorrer alguns blocos de rocha), de baixa resistência à escavação e perfuração, podendo ser facilmente desagregado.
- **Friável** – Material inconsolidado muito alterado, composto por solos arenosos, orgânicos e turfas. Possui uma resistência muito baixa a escavação e perfuração, e de baixa capacidade de suporte, o que pode ocasionar instabilidade do terreno.

3.5 Processos Geodinâmicos e Comportamento do Meio Físico Frente a Ocupação Urbana

Atualmente a rápida expansão urbana sem uma análise profunda das características do meio físico, tem causado problemas de grande magnitude. Pois a falta de conhecimento das capacidades, limitações e comportamento da superfície a serem ocupadas, podem ocasionar um estresse ao meio, o que impulsiona o desenvolvimento e a intensificação dos processos dinâmicos como; escorregamento, erosões, inundações, dentre outros (PRANDINI *et al.*, 1995).

Na mesma linha de raciocínio, Zaine (2000), alega que ao longo dos anos, a ocupação urbana e rural evidencia o surgimento de áreas de riscos, devido a intensificação dos processos geodinâmicos, que por sua vez estão associadas as formas de usos do solo que não levaram em consideração as características geológicas-geotécnicas do meio.

Almeida & Freitas (1996), afirmam que ocupação urbana desordenada associado as características do meio físico, podem ser um fator atenuante dos processos geodinâmicos, destacando os seguintes processos:

- **Processos Erosivos** – processo em que os materiais rochosos e solos são desagregados, transportados e posteriormente depositados, devido a ação dos ventos, água e gelo. Tal processo pode ser acelerado pela ação antrópica, por meio de uma ocupação e uso não adequado em determinada localidade. Os tipos de erosões mais comuns são:
 - **Erosão Linear:** causada pela concentração do escoamento superficial da água, o que ocasiona pequenas incisões no terreno, chamada de sulcos.
 - **Ravinas:** é a evolução do processo de erosão linear, diferenciado pelas feições de grande profundidade, variando de 0,5 metros a dezenas de metros.
 - **Boçorocas:** são grandes feições, assim como as ravinas, porém são formadas tanto pelo escoamento superficial como pelo escoamento subsuperficial.
 - **Erosão Laminar:** processo causado pela ação das gotas de chuvas que remove de forma uniforme finas camadas de solos.
- **Escorregamento** – são processos que envolvem a movimentação de massas (rocha e solo) devido a ação da gravidade. Esse processo pode ocorrer de forma lenta ou rápida,

descolando pouco ou muito material. Este processo está associado também a quedas de blocos rochosos.

- **Assoreamento** – processos que consiste na deposição de sedimentos em cursos hídricos ou em reservatórios, transportados pela ação do vento e/ou das águas pluviais e fluviais.
- **Inundação** – é um processo periódico associado à natureza dos cursos hídricos, que em época de cheia extravasam e passam a ocupar as planícies de inundação. Porém esse processo pode ocorrer nas micro drenagens urbana, devido a insuficiência de escoamento do sistema, frente uma alta intensidade de chuvas, e/ou o entupimento do sistema, muitas vezes devido aos resíduos urbanos descartados de maneira incorreta.
- **Poluição do meio físico** – processo ocasionado pela ocupação irregular e desordenada da população, nas proximidades de recursos hídricos, que por muito lançam os efluentes e resíduos sólidos nos mananciais e solos, devido a falta de infraestrutura e conscientização.

Brandão (2001), comenta que no Brasil os processos dinâmicos que mais afetam o cotidiano da população, são aqueles ligados a variação meteorológicas, porém as ações antrópicas podem contribuir com a intensidade e o aumento da frequência dos processos.

Segundo Zaine (2000), a compreensão dos atributos geológicos-geotécnicos e dos processos dinâmicos e comportamentais do meio físico, são fundamentais na orientação à ocupação urbana de maneira mais adequada. Esse conhecimento pode ser utilizado para mitigar conflitos e prevenir situações de riscos decorrentes da ocupação desordenada e não planejada, intensificada pela intervenção antrópica do meio físico.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu encontra-se na porção centro-oeste e oeste da cidade Cordeirópolis (Figura 6), com uma área de aproximadamente 85,5 km² (corresponde cerca de 63% da área total municipal), sendo a principal bacia de abastecimento público do município, por meio da captação de água dos represamentos realizados em trechos dos ribeirões Tatu e Cascalho.

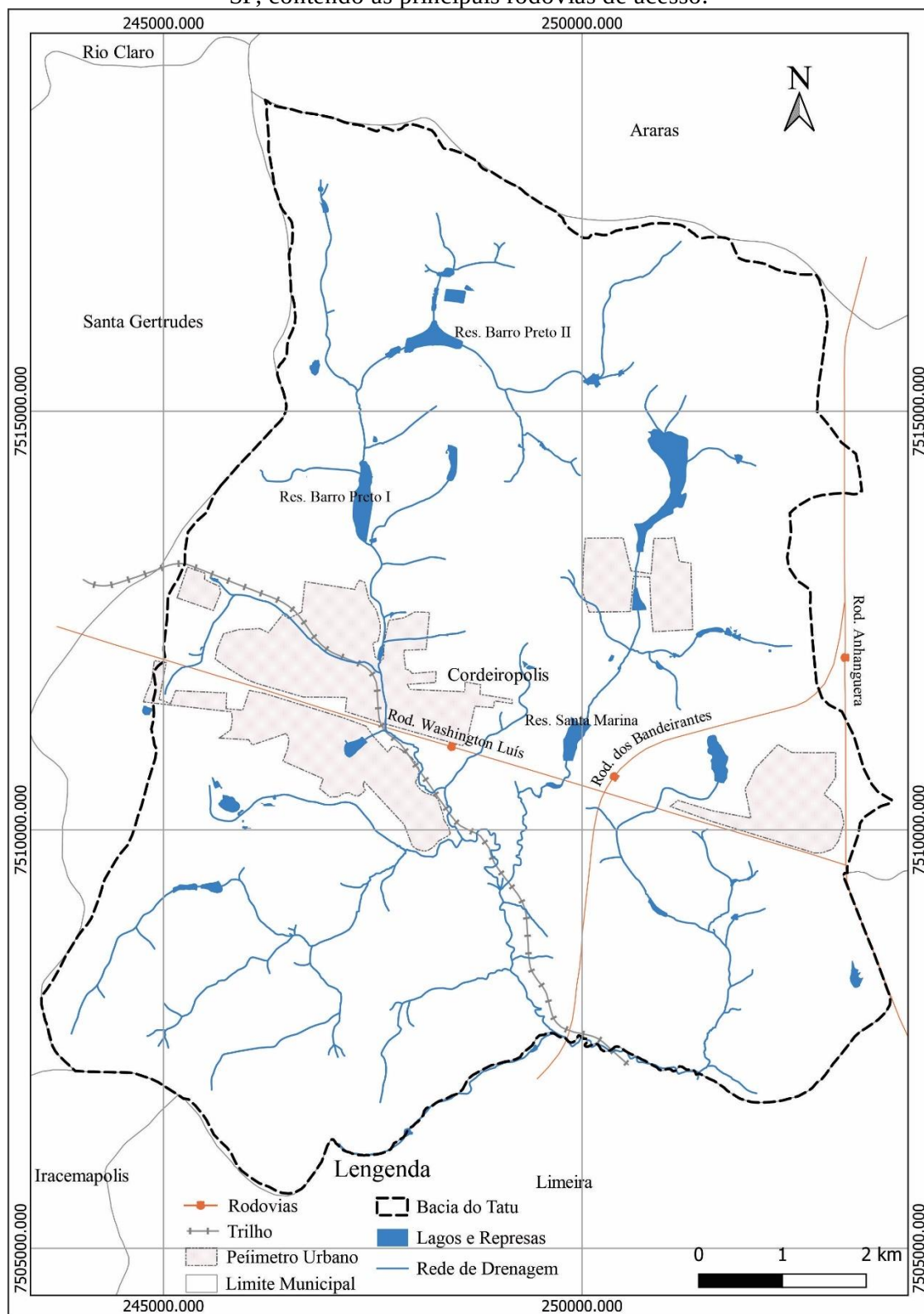
Dentro do contexto administrativo, Cordeirópolis está inserido na Macrorregião de Campinas, mais especificamente, na Microrregião de Limeira. Fazendo divisa com os municípios de Araras (ao norte), Limeira (a sudeste), Iracemápolis (a sudoeste) e Santa Gertrudes (a oeste).

A sede do município de Cordeirópolis está localizada nas coordenadas 22°28'49" S e 47°27'21" O, a 160 km a noroeste da capital paulista, sendo as principais vias de acesso à Rodovia Washington Luís (SP – 310), Rodovia dos Bandeirantes (SP – 348) e a Rodovia Anhanguera (SP – 330).

A população municipal estimada de Cordeirópolis em 2021, foi de 25.116 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do mesmo ano. Economicamente o município possui um Produto Interno Bruto per capita (PIB) em torno de R\$ 127.035.440,00 (IBGE, 2019), sendo grande parte advento das três principais atividades econômicas do município: cultivo de cana-de-açúcar; indústrias cerâmicas (composta pela exploração mineral e a fabricação de revestimentos cerâmicos); e a indústrias de papeis.

Uma curiosidade sobre o município, é de sua participação no Projeto Geoparque Corumbataí, que tem como objetivo preservar e promover o rico patrimônio geológico e cultural da região, por meio do turismo sustentável e a educação ambiental.

Figura 6 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis-SP, contendo as principais rodovias de acesso.



Fonte: Produzido pelo autor.

4.2 Clima

Segundo dados contidos nos relatórios técnicos do IRRIGART (2015) e PROESPLAN (2014), com base na classificação climática de Köppen, verificaram que a região de estudo apresenta um clima Subtropical com chuvas no verão e temperaturas médias superiores a 22°C, e invernos secos com temperaturas médias inferiores a 18°C – Cwa.

Quanto a precipitações, a região apresenta médias inferiores a 59,59 mm por mês, nas estações secas que vão de abril a setembro, enquanto nos meses mais úmidos (outubro a março) possuem uma média de 195,9 mm por mês, o que simboliza cerca de 76,68% da precipitação anual. Os dados de precipitação citados foram levantados a partir da coleta de dados do posto pluviométrico (D4-059) situado no município de Santa Gertrudes, pelos autores dos relatórios supracitados.

4.3 Hidrografia

No contexto hídrico do Estado de São Paulo, a Bacia do Ribeirão Tatu está inserida na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – 5 (UGRHI – 5), que é composta pelas Bacias do Rio Piracicaba, Rio Capivari e Rio Jundiaí, denominadas de Bacia do PCJ. Mais especificamente a Bacia do Ribeirão Tatu faz parte da Sub-Bacia do Alto Piracicaba, sendo a sub-bacia mais a montante da Bacia do Rio Piracicaba.

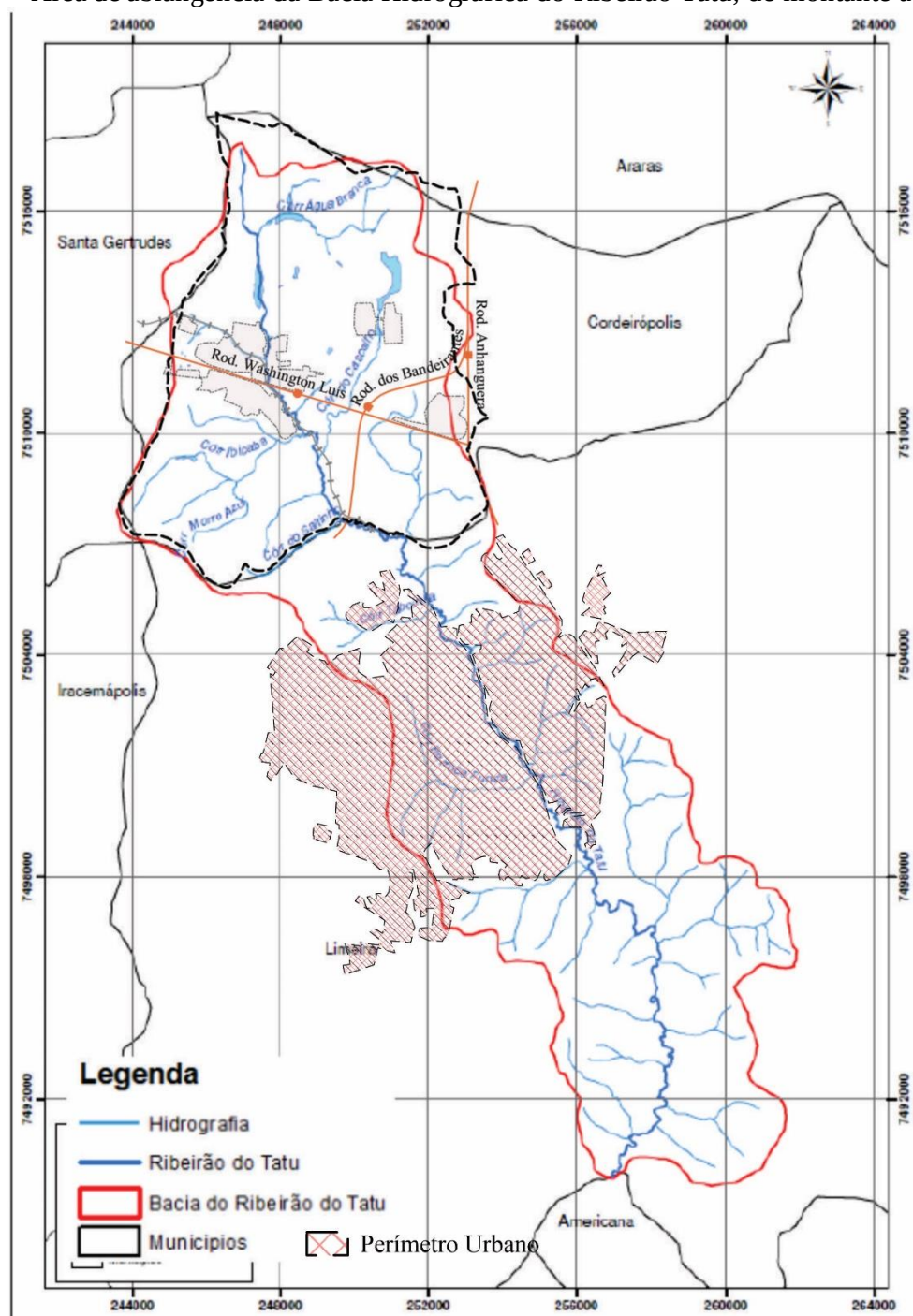
A Bacia do Ribeirão Tatu possui uma forma alongada de direção NW-SE com uma área de aproximadamente 194,5 km², com um total de 56 nascentes, e tem como seu principal curso hídrico o ribeirão de mesmo nome, com sua nascente localizada na região rural do município de Cordeirópolis, ao norte do perímetro urbano.

Após fluir pela nascente do Ribeirão Tatu atravessa a cidade supracitada e o município de Limeira até desaguar na margem direita do Rio Piracicaba (Figura 7). Os afluentes mais notáveis do Ribeirão Tatu no seu alto curso, compreendido no município de Cordeirópolis, são: o Córrego do Cascalho que desaguando à margem direita do ribeirão e o Córrego do Ibicaba, localizado a sudoeste do curso principal desaguando em sua margem esquerda.

Segundo dados de projetos realizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão pela Prefeitura Municipal de Cordeirópolis, o município identificou que as atividades mais empreendidas na bacia, quanto a utilização da água são: a captação de água para irrigação de hortaliças e árvores frutíferas

nas áreas rurais; represamento para captação de água para o abastecimento público; represamento para a criação de aquicultura destinada à alimentação; e a recreação (natação, esqui, mergulho, etc).

Figura 7 – Área de abrangência da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu, de montante até jusante.

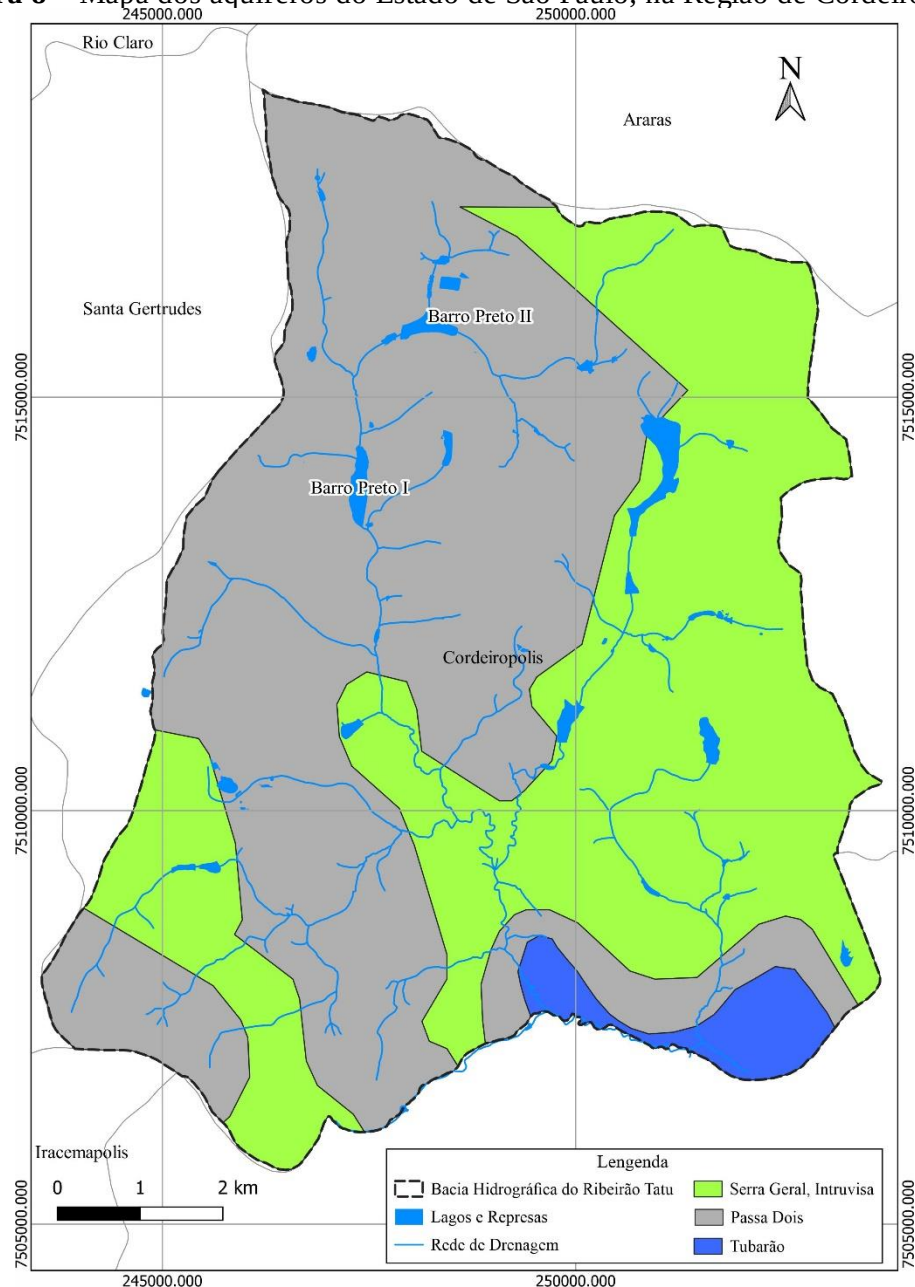


Fonte: Irrigart (2015).

4.4 Hidrogeologia

Como mostra o mapa de Unidade Aquíferas do Estado de São Paulo (IG, 2007) (Figura 8), a região de estudo contém 2 sistemas aquíferos de importância; o Aquífero Tubarão, e o Aquífero Serra Geral, e 1 aquíclode, denominado de Passa Dois. As descrições dos aquíferos serão feitas segundo o trabalho de Tonetto & Bonotto (2002).

Figura 8 – Mapa dos aquíferos do Estado de São Paulo, na Região de Cordeirópolis.



Fonte: IG (2008) – Disponível em DataGeo.

Aquífero Tubarão: O sistema aquífero está contido na Grupo Itararé, percolando nos interstícios de grãos clásticos grossos, e selado pelas camadas de grãos mais finos, além de discontinuidades em escala regional provocadas pelas intrusões de diabásio.

Aquiclude Passa Dois: Devido a granulometria fina das Formações Irati e Corumbataí, que armazenam água, ocorre uma certa dificuldade na percolação vertical do fluido, desse modo o sistema é considerado um aquiclude, comportando-se apenas como aquífero nas regiões onde as formações apresentam um grande fraturamento.

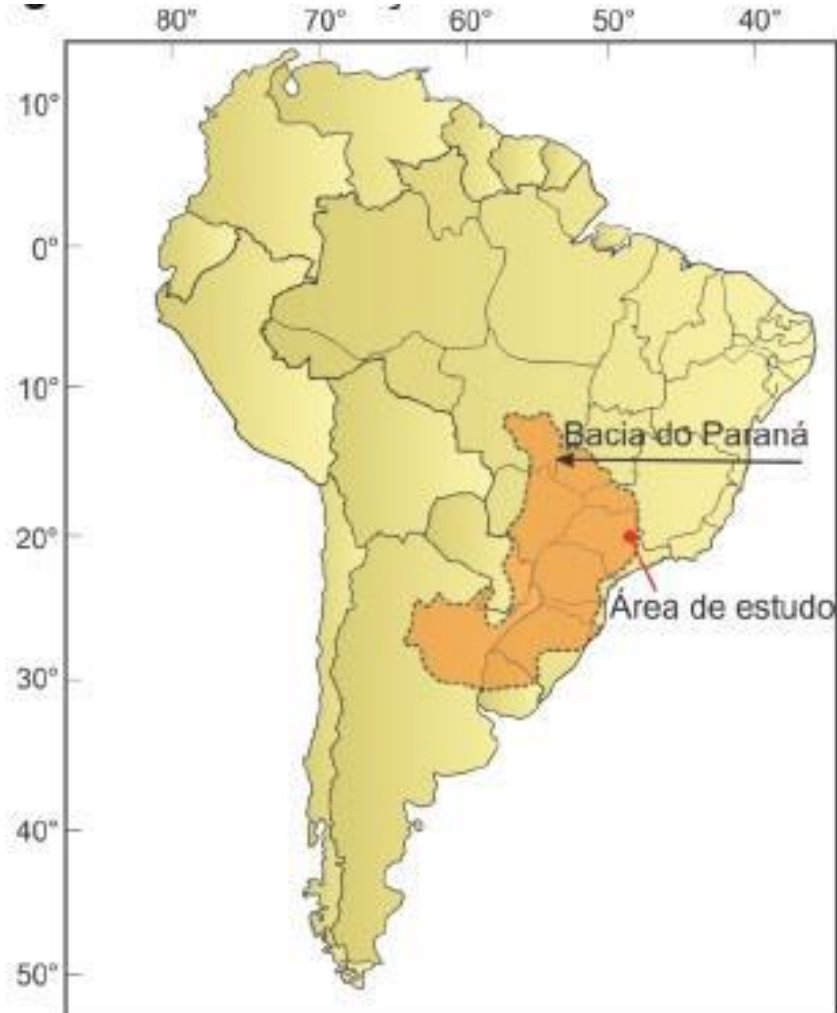
Aquífero Serra Geral: A água contida no sistema aquífero está em meio as fraturas e juntas da Formação Serra Geral e das intrusivas básicas, por vezes caracterizado como um aquífero de ocorrência localizada.

É importante destacar que no mapa a seguir, Mapa Geológico do Estado de São Paulo (1981), na porção sudoeste e norte aflora a Formação Piramboia, o que implica em uma inconsistência nos dados quando comparado com o Mapa dos aquíferos do Estado de São Paulo (2008). Pois onde observa-se o aquiclude Passa Dois, deveria constar o Aquífero Guarani. Tal inconsistência pode ser explicada por diferentes escalas de trabalho.

4.5 Contexto Geológico

A região de estudo está localizada na porção leste da Bacia do Paraná, uma bacia sedimentar intracratônica de formato ovalado, abrangendo uma área de aproximadamente 1,5 milhões de km² (Figura 9). A direção de alongamento da bacia é NNE-SSW. Composta por um pacote sedimentar-magmático de até 7 mil metros de espessura na região da calha, sua formação teve início no Neo-Ordoviciano e encerrou-se no Neo-Cretáceo. A Bacia do Paraná engloba partes meridionais do Brasil, leste do Paraguai, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, conforme relatado por Milani *et al.* (2007).

Figura 9 – Localização da Bacia Sedimentar do Paraná.

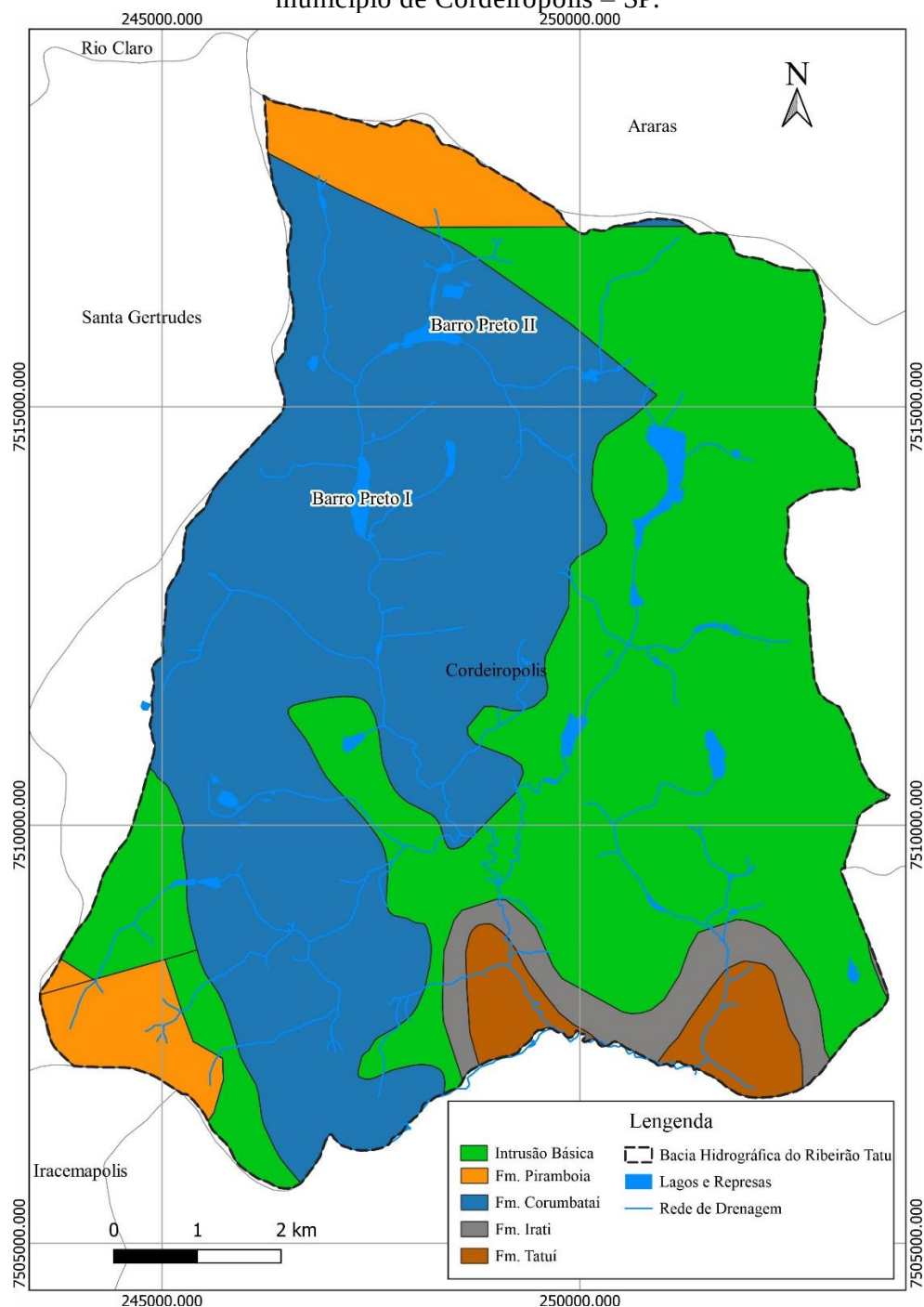


Fonte: Modificado de Schneider *et al.* (1974).

4.5.1 Litoestratigrafia

As unidades descritas a seguir baseiam-se na coluna estratigráfica de Soares & Landim (1975), modificada por Perinotto & Zaine (2008) (Figura 11). Porém serão descritas só as unidades aflorantes na região de estudo, segundo a carta geológica do pólo cerâmico de Santa Gertrudes na escala 1:100.000 (Figura 10), produzida por Loreti & Caltabeloti (2014).

Figura 10 – Mapa geológico das litologias aflorantes na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP.



Fonte: Modificado de IPT – Mapa Geológico do Estado de São Paulo (1981).

Formação Tatuí

A Formação Tatuí, de idade Eopermiana (SOARES, 1972), aflora no Estado de São Paulo desde o município de Leme até o município de Fartura, próximo à divisa com o Estado do Paraná,

com pacotes de sedimentos que não ultrapassam os 100 metros de espessuras, sendo que mais ao centro da bacia os pacotes atingem no máximo 30 metros (LADIM *et al.* 1980).

Essa formação é constituída por uma sequência pelítica, geralmente maciça, de coloração verde, branco-amarelada e marrom claro a escuro. Sobre os finos sedimentos, podem ocorrer arenitos, conglomerados e calcários (SOARES, 1972). Ao topo da formação, no contato com a Formação Irati, são observadas camadas conglomeráticas constituídas de *sílex*, que ocorrem como depósitos residuais transgressivos, denominadas camada Ibicatu (ASSINE *et al.* 2003).

A unidade basal da Formação Tatuí é marcada pelo contato erosivo com o Grupo Itararé, o que estabelece a separação ambiental glacial e pós-glacial e de seus processos (SOARES, 1972). Fulfaro *et al.* (1984) e Perinotto (1987) interpretam o ambiente pós-glacial associado a formação, como uma plataforma marinha com sistema costeiro, e sistemas de leques deltaicos locais.

Schneider *et al.* (1974) descreveram a seguinte assembleia fossilífera: palinóforos, pelecípodes, gastrópodes, braquiópodes, ofiuróides, além de restos vegetais (truncos).

Formação Irati

A Formação Irati, de idade Neopermiana (DAEMON & QUADROS, 1970), registra a disposição dos sedimentos em uma variedade de ambientes. Na base, ocorrem sedimentos típicos de águas marinhas calmas, enquanto na porção, são encontrados sedimentos de ambientes marinhos e água rasas (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

Essa formação é subdividida em dois membros: Membro Taquaral (porção basal), composto principalmente por folhelhos e siltitos de coloração cinza clara, e Membro Assistência (porção superior), constituído por folhelhos pretos (com muita matéria orgânica) pirobetuminoso e calcários dolomíticos (AMARAL, 1971; HACHIRO, 1996).

De acordo com Chahud & Petri (2008), o Membro Taquaral possui uma assembleia fossilífera variada, contendo: fragmentos de peixes ósseos (escamas e dentes), além de *Chordrichthys* do gênero *Itapyrodus punctatus* e crustáceos dos gêneros *Clarkecaris*, *Paulocaris* e *Liocaris*. Já o Membro Assistência contém fósseis de répteis marinhos como *Stereosternum tumidum*, fragmentos vegetais, carapaças de crustáceos e palinóforos (AMARAL, 1971; SIMÕES & FITTIPALDI, 1992).

Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí, de idade Neopermiana (DAEMON & QUADROS, 1970), corresponde à unidade superior do Grupo Passa Dois, e possui uma espessura máxima de 130 metros (LANDIM, 1970). Em termos litológicos, essa formação é composta em sua porção basal por: siltitos cinza-escuros com laminação plano paralela, folhelhos e argilitos. Na camada superior são encontradas lentes de arenito fino, folhelhos e siltitos de tonalidade roxa a avermelhada com laminação plano paralela, além da ocorrência em menor quantidade de calcário dolomítico e coquinas (SCHNEIDER *et al.* 1974).

Com base nas litofácies presentes nessa unidade, Schneider *et al.* (1974), interpretam o ambiente deposicional como marinho de águas rasas, sujeitos a condições redutoras sob a influência de marés, com uma transição para um sistema de sedimentação mais litorâneo no topo da formação.

Simões & Fittipaldi (1992), descreveram a presença de fósseis de bivalves silicificados, podendo formar coquinas, além de conchostráceos, ostracodes, fragmentos de peixes e vegetais.

Formação Piramboia

A Formação Piramboia é composta principalmente por arenitos de textura média a fina, apresentando tons amarelo, esbranquiçado e avermelhado, com ocorrência de estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, bem como estratificação paralela. Na base da formação, há *fácies* mais argilosas, onde os arenitos possuem estruturas de estratificação cruzada acanalada de pequeno porte. Também é comum a presença de lentes de siltito, argilito e níveis conglomeráticos (SOARES, 1975). Segundo o mesmo autor, o pacote estratigráfico pode atingir aproximadamente 300 metros de espessura, o mesmo, ainda dividiu a formação em dois membros: o membro inferior, que apresenta um contato basal discordante com a Formação Corumbataí; e o membro superior que apresentando um pequeno hiato com a Formação Botucatu (Unidade média do Grupo São Bento).

O ambiente deposicional desta formação foi interpretado como uma associação de depósitos eólicos úmidos, interdunas e dunas de areia, intercalados com depósitos fluviais (ASSINE & SOARES, 1995). Os principais fósseis encontrados na formação são conchostráceos e ostracodes, embora não sejam abundantes (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A idade da Formação Piramboia foi interpretada por Soares (1975), com base em datações realizada por Daemon & Quadros (1970), que dataram a Formação Corumbataí (Neopermiana), e datações realizadas por Cordani & Vandomos (1967) dos derrames da Formação Serra Geral (Jurássico-Cretáceo). Assim, Soares (1975) estabeleceu que a deposição da Fm. Piramboia ocorreu entre o Triássico Inferior e o Jurássico Superior.

Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas

A Formação Serra Geral constitui a unidade superior do Grupo São Bento, sendo caracterizada por rochas magmáticas máficas de coloração cinza a preta (melanocrática), associadas às lavas basálticas toleíticas. Essas lavas são encontradas em forma de derrames com espessuras que variam entre 50 a 100 metros (MILANI *et al.* 2007). Associado aos derrames, também ocorrem intrusões básicas em forma de *sills* e diques de diabásio, quais se destacam na paisagem pelas feições de relevo topograficamente mais altas, nas encostas de fundo de vale, e nos leitos de drenagens (ZAINÉ, 2000).

De acordo Cordani & Vandomos (1967), os derrames básicos associados à Formação Serra Geral apresentam textura afanítica e são constituídos por minerais de plagioclásios (labradorita), piroxênios (augita), e apatita como mineral acessório. Em menor quantidade, também podem ser encontrados olivinas, anfibólios, biotita, quartzo, feldspatos potássicos e cloritas.

Com base em datações radiométricas, Schneider *et al.* (1974), estabeleceram um intervalo de idade para os derrames entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior.

Figura 11 – Coluna estratigráfica de Soares e Landim (1975), modificada por Perinotto e Zaine (2008), referente a Bacia do Paraná na Região de Rio Claro/Limeira/ Piracicaba (SP).

Referente à Bacia do Paraná na Região de Rio Claro/Limeira/Piracicaba (SP).

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO DE RIO CLARO/LIMEIRA/PIRACICABA (SP)							
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	SÃO BENTO	RIO CLARO		30	ARENITOS POUCO CONSOLIDADOS COM LENTES DE ARGILAS E NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS NA BASE	CONTINENTAL: PLANÍCIE ALUVIAL E LACUSTRE. COLUVIÕES
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E ARENITOS SILICIFICADOS / FERRICRETES	CONTINENTAL: LEQUES ALUVIAIS FLUVIAL E LACUSTRE
MESOZÓICA	CRETÁCEO		SERRA GERAL		100	DERRAMES DE BASALTOS COM LENTES DE ARENITO NA BASE. DIQUES E SOLEIRAS DE DIABÁSIO	MAGMATISMO FISSURAL
	JURÁSSICO		BOTUCATU		100	ARENITOS BEM SELECIONADOS COM GRÃOS BEM ARREDONDADOS E BEM ESFÉRICOS, POUCA ARGILA	CONTINENTAL: DESÉRTICO
	TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA		150	ARENITOS COM GRÃOS ARREDONDADOS E ESFÉRICOS. DIVERSOS NÍVEIS DE LAMITOS	CONTINENTAL: FLUVIAL E DESÉRTICO
PALEOZÓICA	PERMIANO	PASSA DOIS	CORUMBATAÍ		100	SILTITOS CONTENDO LENTES DE ARENITOS FINOS ARGILITOS. SILTITOS. ARENITOS FINOS. NÍVEIS DE CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS E COQUINAS <i>(Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)</i>	CONTINENTAL: LACUSTRE TRANSICIONAL: PLANÍCIE DE MARE
			IRATI	Mb. Assistência Mb. Taquaral	40	FOLHELHOS, SILTITOS, FOLHELHOS PIROBETUMINOSOS, CALCÁRIOS DOLOMÍTICOS	TRANSICIONAL: LAGUNA MARINHO RASO: PLATAFORMA
		ITARARÉ	TATUI		50	SILTITOS E SILTITOS ARENOSOS	TRANSICIONAL: PLANÍCIE COSTEIRA MARINHO RASO: PLATAFORMA
			Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	ARENITOS, SILTITOS, VARVITOS E DIAMICTITOS(ALGUNS VERDADEIROS TILITOS)	CONTINENTAL (GLACIAL): ALUVIAL - LEQUES E FLUVIAL; LACUSTRE TRANSICIONAL: DELTAS MARINHO (GLÁCIO-MARINHO): PLATAFORMAL
		CARBONÍFERO					
Pré-Cambriano			EMBASAMENTO			GRANITOS, MIGMATITOS, GNAISSES, XISTOS, QUARTZITOS	

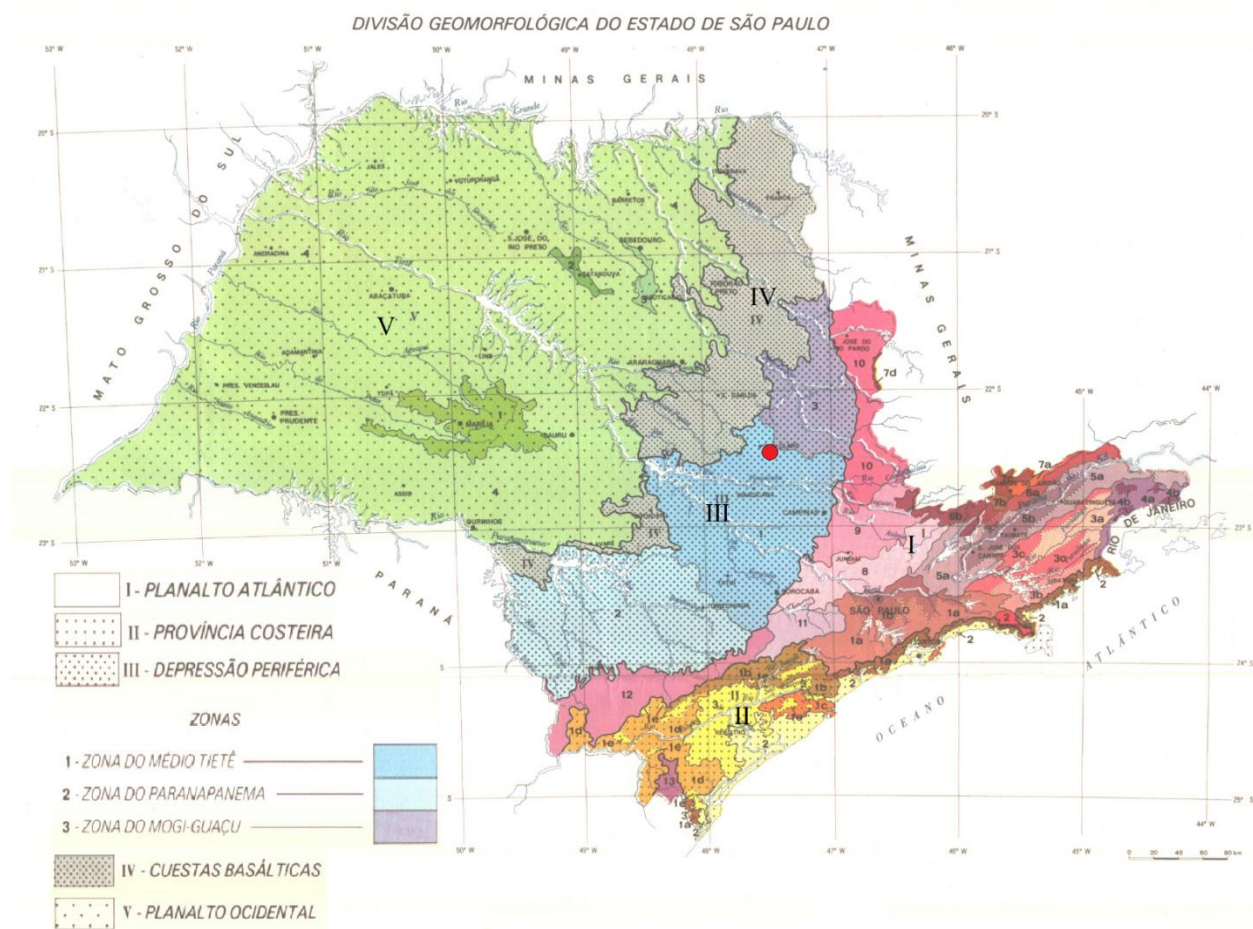
Perinotto & Zaine (2008), mod. de Soares & Landim (1975)

Fonte: Perinotto & Zaine (2008), modificado de Soares & Landim (1975).

4.6 Contexto Geomorfológico

Almeida (1964) dividiu o Estado de São Paulo em cinco províncias geomorfológicas, levando em consideração as características do relevo (altitude, amplitude, orientação topográfica) e processos de erosão/sedimentação. As províncias foram denominadas: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuesta Basáltica, e Planalto Ocidental (Figura 12). A área de estudo situa-se na Província da Depressão Periférica, no norte da zona Médio Tietê.

Figura 12 – Divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, com destaque em vermelho na zona do médio Tietê, onde encontra-se o local de estudos.



Fonte: Modificado de IPT (1981).

A Depressão Periférica trata-se de uma faixa erosiva deprimida paleozóica, com cerca de 450 km de comprimento e 100 km de largura (PENTEADO, 1976), compreendida entre a Cuesta Basáltica, a oeste, e o Planalto Atlântico, a leste. Almeida (1964), segundo o padrão de divisores de águas, subdividiu a Depressão Periférica em três zonas: Mogi-Guaçu, Paranapanema, e Médio Tietê.

A área de estudo encontra-se na Zona do Médio Tietê, que corresponde cerca 40% da área total da Depressão Periférica, constituída predominantemente de rochas sedimentares, porém derrames e intrusões basálticas marcam topograficamente esta zona, através de cuestas salientes com mergulho para noroeste normalmente, devido à maior resistência das rochas básicas (Almeida, 1964). Penteado (1976) e Almeida (1964), descreveram a zona como uma área de baixa amplitude topográfica, com desníveis de 20 a 50 metros, refletindo na topografia em colinas baixas de topos

suavizados com uma média altimétrica de 660 metros, separados por vales abertos, porém o desnível pode ultrapassar os 100 metros nas regiões de maior resistência erosiva, gerando relevos assimétricos e típicas *cuestas* de maior destaque na paisagem.

Quanto à rede de drenagem, Almeida (1964) retrata na zona do Médio Tietê três rios principais de caráter dendríticos: Tietê e dois de seus efluentes, Piracicaba e Sorocaba, influenciados por sistemas de falhas estabelecidas por intrusões básicas. Penteado (1976), ainda caracteriza a rede de drenagem como sendo densa de direção NW rumo ao eixo do Rio Paraná.

4.7 Contexto Pedológico

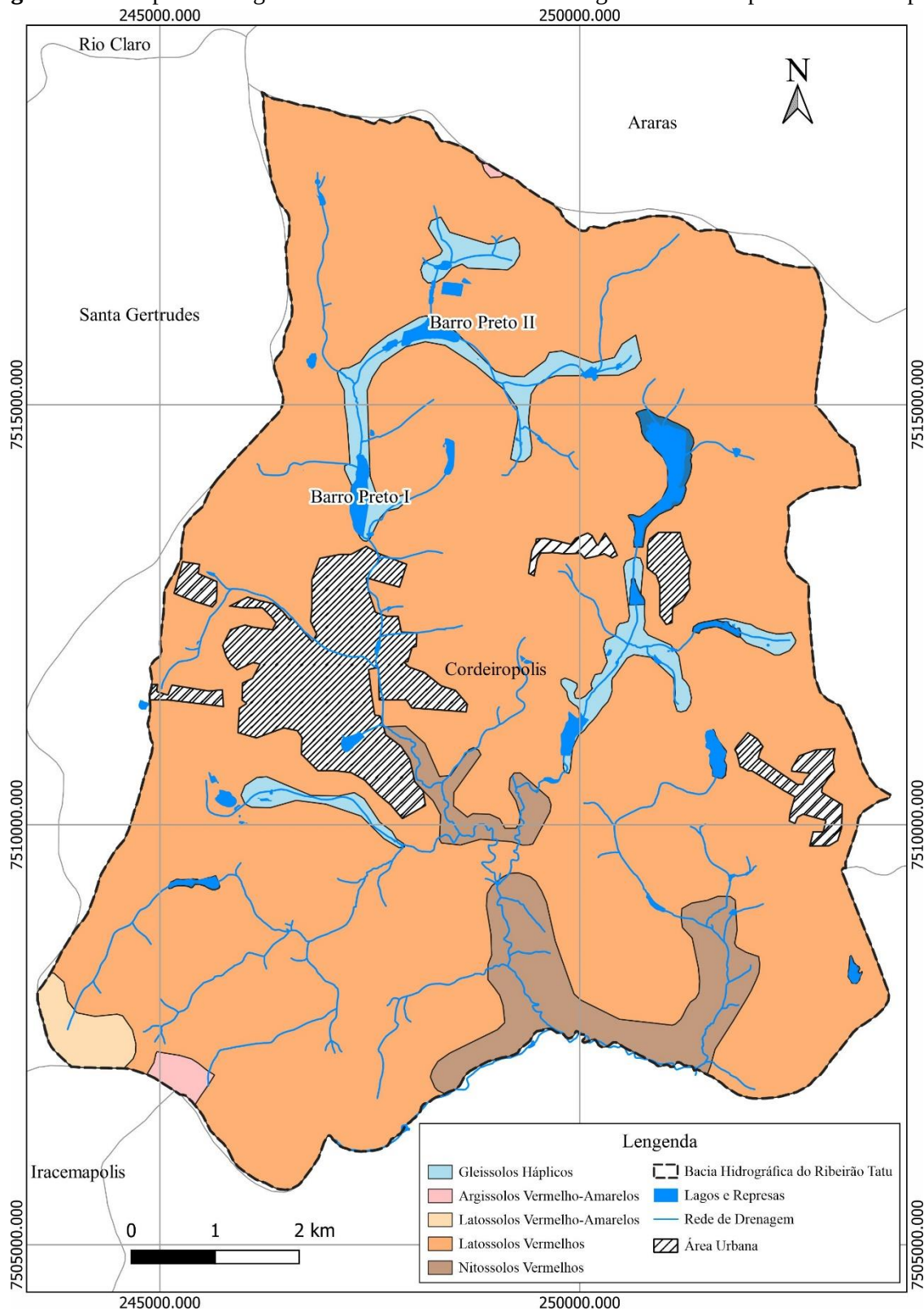
De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Rossi, 2017), na escala 1:750.000, são encontrados na área de estudo solos do tipo: nitossolos vermelhos, gleissolos, Latossolos Vermelhos, argissolos vermelhos – amarelos e neossolos, como observado na Figura 13.

A seguir uma sucinta descrição dos solos supracitados, com base no livro Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.* 2018).

Nitossolos Vermelhos: esses solos são derivados dos intemperismos das rochas básicas e ultrabásicas, formando blocos argilosos a muito argilosos profundos (horizonte B bastante desenvolvido), bem drenados, sem diferenciação clara entre os horizontes, e com baixa declividade (até 10%).

Gleissolos: esses solos possuem textura arenosa a argilo-arenosa de coloração acinzentada, formados a partir de sedimentos recentes não consolidados sobre influência da umidade, em ambientes saturados de água como várzeas e planícies de inundações. Comumente os gleissolos são encontrados nas planícies que ficam sobre o regime dos lençóis freáticos. São solos também caracterizado pela má drenagem.

Figura 13 – Mapa Pedológico do Estado de São Paulo – Região do Município de Cordeirópolis.



Fonte: Rossi (2017) – disponíveis no site DataGEO.

Latossolos Vermelhos: são solos argilosos profundos de alta porosidade com pouca diferenciação entre os horizontes, característico de paisagens de relevo ondulados suaves a planos. A coloração vermelha dos latossolos é devido há grande presença de óxido de ferro, o que torna uma propriedade importante na identificação dos mesmos.

Argissolos Vermelhos – Amarelos: são solos de coloração variegada, de textura arenosa a argilosa, nas porções mais superficiais. Possuem uma retenção de fluidos maior segundo o aumento de profundidade. Os argissolos também são característicos pela separação dos horizontes A, B e C.

Neossolos: são solos classificados como rasos, ou seja, apresentam pouco desenvolvimento, cerca de 20 cm, sem a presença do horizonte B. Possuem textura quartzo-arenosa, com baixa retenção de água.

4.8 Uso e Ocupação do Solo

As classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis (Figura 14) são: vegetação nativa, área urbanizada, cana de açúcar, pastagem, agricultura, indústria cerâmica, solo exposto e corpos hídricos. A ocupação predominante da bacia na área de estudo é representada pela monocultura de cana de açúcar que abrange 53,06% do uso total do solo, seguidos pela vegetação nativa (14,48%), e pela área antropizada (13,34%) que incorpora a mancha urbana e as indústrias. A quantificação total das classes pode ser observada no Quadro 2 (IRRIGART, 2015).

Quadro 2 – Quantificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Tatu, na região de Cordeirópolis.

Classe de Uso e ocupação do solo	Área (km²)	Área (%)
Cana de Açúcar	46,46	53,06
Vegetação Nativa	12,99	14,48
Área Antropizada	11,84	13,34
Agricultura	6,48	7,41
Pastagem	6,05	6,92
Solo Exposto	2,67	3,05
Corpos Hídricos	1,19	1,37
Total	87,68	100

Fonte: Modificado de IRRIGART (2015).

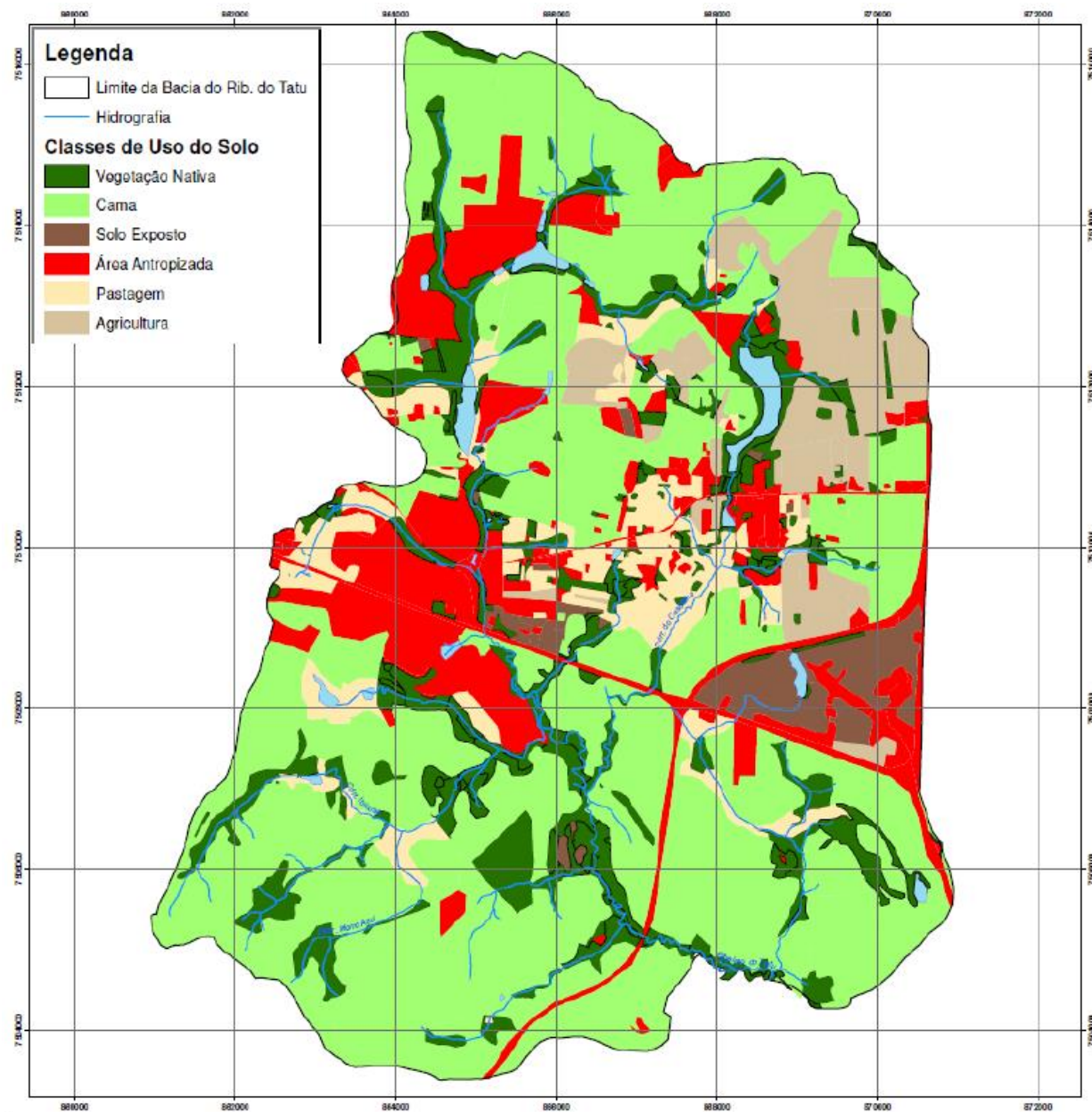
A área rural da região é diversificada no que diz respeito a agricultura, salientando o cultivo do algodão, milho, abacate, e laranja, que ocupam uma área de 7,41% da bacia, já a pecuária, tem

como principais atividades a criação de aves, suínos, e bovinos, classificado como pastagem (6,92%) no uso e ocupação do solo.

As áreas antropizadas são caracterizadas pela urbanização do município de Cordeirópolis, que integra os setores de serviços/comercial e industrial. As atividades econômicas de maior relevância no setor industrial do município são a produção de papel/papelão e a produção de cerâmica posicionada no norte da bacia, no chamado pólo cerâmico.

A formação floresta nativa na região de estudo, segundo o Inventário Florestal de 2020 produzido pela SIMA (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo), é do tipo floresta estacional semidecidual (bioma: mata atlântica), o que significa que as espécies possuem uma porcentagem de 20% a 50% na queda das folhas durante a estação seca. A cobertura florestal nativa na bacia é de aproximadamente 14,48%, em sua grande maioria concentrada próximas às margens dos recursos hídricos, assim caracterizando-se como APPs.

Figura 14 – Classe dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP.



Fonte: Irrigart (2015).

5 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS

Neste capítulo, serão apresentadas e descritas as 7 unidades geológicas-geotécnicas, identificadas e delimitadas durante a fase de sensoriamento remoto e de campo (Quadro 3). As propriedades que foram consideradas para tal identificação foram: a geologia local, o perfil de solo, a geomorfologia, os processos geodinâmicos, e as diferentes formas de uso e ocupação do meio.

A partir da compilação dos dados obtidos nas duas fases supracitadas, foi possível confeccionar uma tabela síntese das principais propriedades de cada unidade e o mapa preliminar geológico-geotécnico (Apêndice D e Figura 15) na escala de 1:25.000, da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no município de Cordeirópolis – SP. Posto isto segue a descrição das unidades em ordem cronostratigráfica:

Quadro 3 – Quadro síntese contendo algumas das principais características das unidades geológicas – geotécnicas.

Unidade Geológica – Geotécnica	Domínio Geológico	Solo	Geomorfologia	Principais processos/Problemas
G	Intrusão Básica	Solo residual argilo arenoso de coloração laranja	Topo de colina	Escavabilidade, Degradação de feições de Lagoa de Topo
F	Intrusão Básica	Argilo arenoso de coloração avermelha a marrom	Morrotes, vertentes e baixa encosta	Erosão, Queda de Blocos, Degradação da Paisagem, Descarte de Resíduos em Local Incorreto, Degradação de feições de Lagoa de Topo
E	Intrusão Básica	Solo residual argilo siltoso vermelho a marrom	Funde de vale	Escavabilidade
D	Fm. Piramboia	Solo residual arenoso	Morrotes	Erosão, Contaminação do N.A., Lama
C	Fm. Corumbataí	Colúvio argilo arenoso de coloração alaranjada a marrom	Colinas amplas	Erosão, Suspensão de Partículas Finas Devido a Mineração e Degradação da Paisagem, Pastilhamento, Degradação de feições de Lagoa de Topo
B	Fm. Corumbataí	Solo residual argiloso de cor marrom arroxado	Colinas amplas	Erosão, Assoreamento dos Recursos Hídricos Devido a Atividade Minerária e Suspensão de Partículas finas, Pastilhamento. Degradação de feições de Lagoa de Topo
A	Fm. Tatuí	Colúvio argilo - arenoso e solo arenoso	Vertente de colinas e Fundo de Vale	Erosão, Pastilhamento da Rocha, Lama e Poeira

Fonte: Elaborado pelo Autor.

244000	245000	246000	247000	248000	249000	250000	251000	252000	253000
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

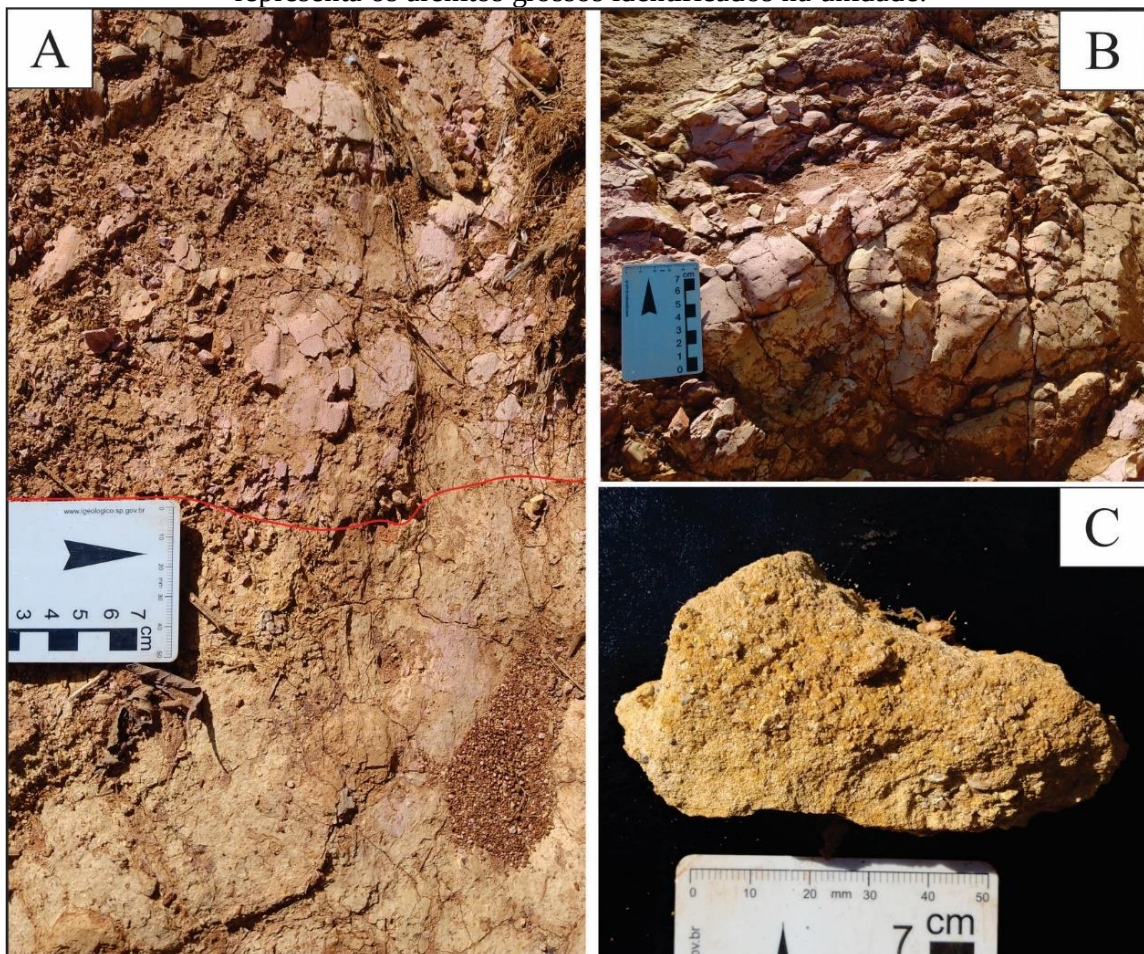


5.1 Unidade A – Siltitos e Arenitos Associados a fundo de Vales e Encostas de Média Declividade

A Unidade A, tem sua ocorrência restrita no sudeste da área de estudos, na zona rural do município, ocupando apenas 0,5% da área total, é a unidade que possui a menor expressão de ocorrência na região estudada.

Geologicamente, a unidade está sobre o domínio da Formação Tatuí, constituído por siltitos variegados apresentando pastilhamento e arenitos quartzoso maciço, brancos-amarelados, de granulação média a grosso angulosos (Figura 15).

Figura 16 – Fotos das litologias observadas na unidade geológica-geotécnica A (ponto 89). Foto A apresenta o contato entre o siltito e o arenito, a foto B apresenta os siltitos variegados, já a foto C representa os arenitos grossos identificados na unidade.

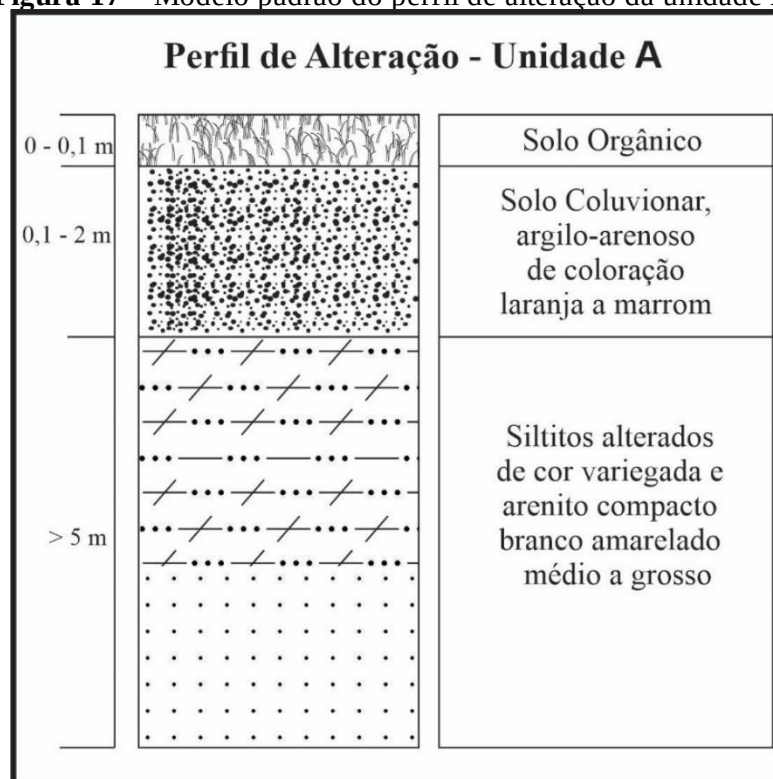


Fonte: Autor.

A unidade ocorre em vertentes de morrotes, com perfil de encosta concava e convexa de média a alta declividade, que varia de 15% a 60%, e no fundo de vales de média declividade (no máximo 15%). A amplitude do relevo é baixa (no máximo 30 m), no geral, a unidade ocupa as cotas entre 560 m e 590 m. A densidade de drenagem é média, o que implica em uma permeabilidade também média.

Os solos desta unidade geralmente são pouco profundos, no máximo 2 metro, caracterizados por colúvios argilo-arenosos de cor laranja a marrom, proveniente da alteração das rochas básicas em vertente acima (Figura 16). De forma secundária, e de menor ocorrência, observa-se pacotes de solos arenosos finos a médios, no fundo dos vales, derivados da erosão dos pacotes areníticos da formação (Figura 17).

Figura 17 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade A.



Fonte: Produzido pelo autor.

As formas de uso e ocupação mais observadas no contexto da unidade, foram: o plantio de cana-de-açúcar (nas vertentes), e pastagem de gado com alguns pequenos sítos (próximos aos fundos de vale).

Figura 18 – Detalhe do solo arenoso encontrado nos fundos de vale na unidade A (ponto 82).



Fonte: Autor.

Já os problemas e processos associados as características e a ocupação do meio, foram verificados: o empastilhamento dos siltitos expostos ao clima, o que implica na necessidade de remoção do material no caso de construções, pois este processo causa instabilidade do terreno. A formação de lama e poeira devido à presença de rochas de granulometria pelítica. E a erosão linear, nas encostas de alta declividade em solos expostos, provocando o surgimento de sulcos (Figura 18), o que por ventura pode evoluir para um processo de ravinamento.

É importante ressaltar neste item, que a Fm. Irati foi incorporada na unidade A, porém esta formação não foi identificada em campo, sendo apenas inferida com base nas informações levantadas da área de estudo. Uma explicação plausível para a deficiência na identificação da formação seria, o encobrimento da mesma por um solo residual e um coluvionar espesso proveniente da erosão dos diabásios.

Figura 19 – Detalhe dos sulcos gerados no siltitos da unidade A, pela ação pluvial em encostas de alta declividade. Observado no ponto 89, próximo a linha férrea, no sul da área de estudos.



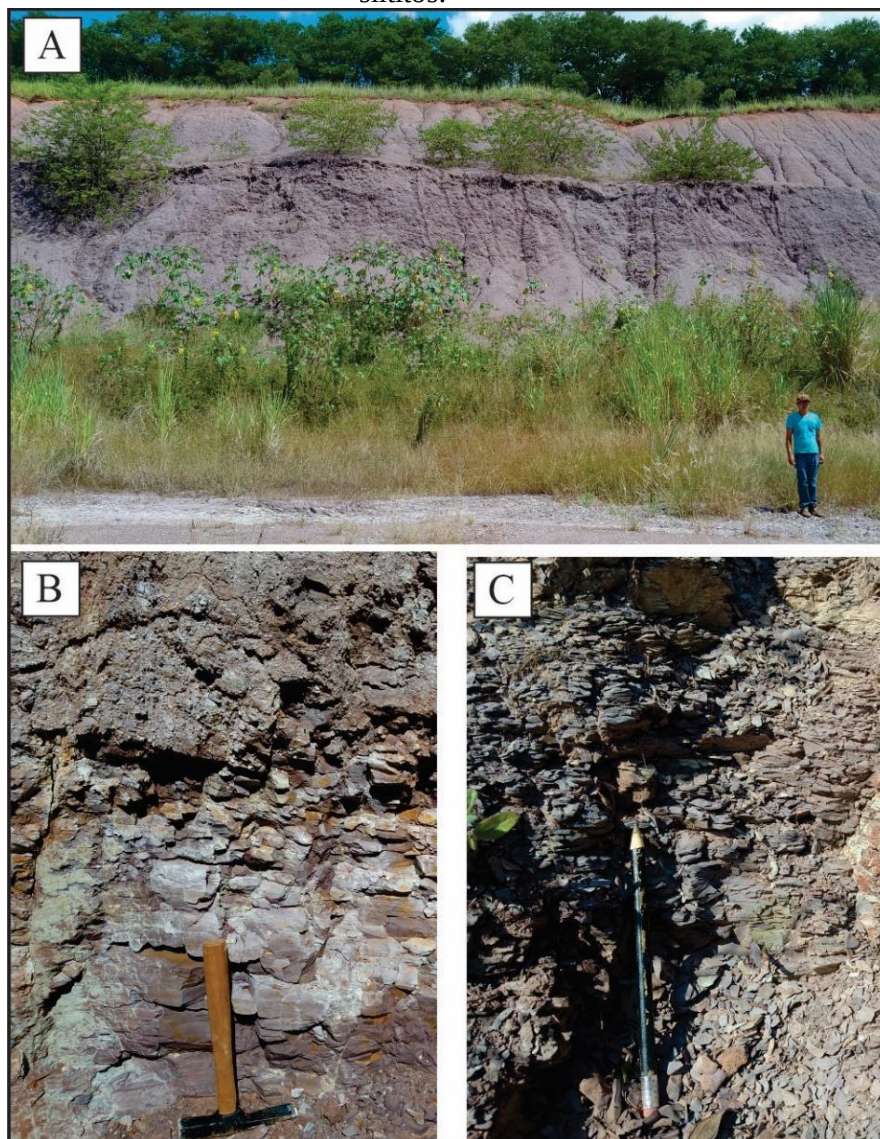
Fonte: Autor.

5.2 Unidade B – Domínio da Formação Corumbataí

A unidade geológica-geotécnica B, abrange 30,3% da área total estudada, estando distribuída na porção oeste, sudoeste e centro-norte (onde o Ribeirão Tatu corre sobre a unidade) da área mapeada. É uma das unidades de maior ocorrência na região.

As rochas aflorantes nesta unidade são pertencentes a Formação Corumbataí, representado, por siltitos pastilhados e muito fraturados (fratura conchoidal) de cor variegada e argilitos maciços roxos a marrons, de modo que sempre apresentam algum grau de alteração, devido a exposição climática (Figura 19).

Figura 20 – Detalhe das rochas presentes na unidade B. A figura A apresenta o pacote sedimentar que pertence a Formação Corumbataí, em uma cava de mineração desativada (ponto 1) no centro-norte da bacia de estudo. Na figura B, é possível observar os argilitos presentes na formação, e na figura C os siltitos.

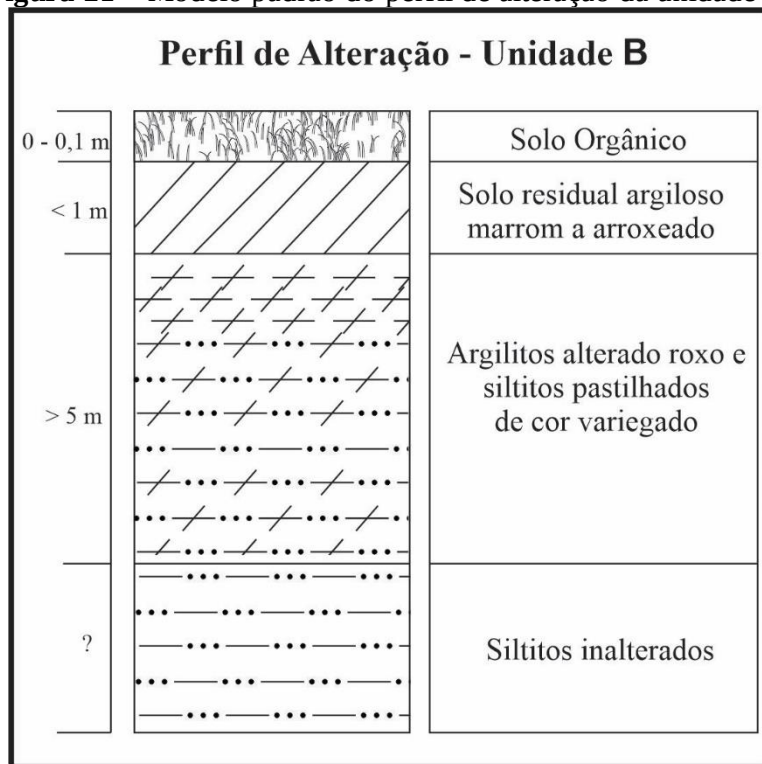


Fonte: Autor.

Já as formas de relevos associadas a unidade, foram interpretadas como, colinas amplas de topo aplainado de encostas convexas e côncavas, amplitude baixa atingindo no máximo 50 metros, com cotas que ficam entre 640 m a 690 m. No geral a declividade é baixa (máximo de 15%), porém, próximo as encostas a declividade é considerada média, estando entre 15% a 30%. Através de interpretação de imagens de satélite, constatou que densidade de drenagem é média, logo a permeabilidade também é média.

A alteração dos siltitos e argilitos, produz um solo residual argiloso raso, menor que 1 m, de coloração marrom arroxeada (Figura 20).

Figura 21 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade B.



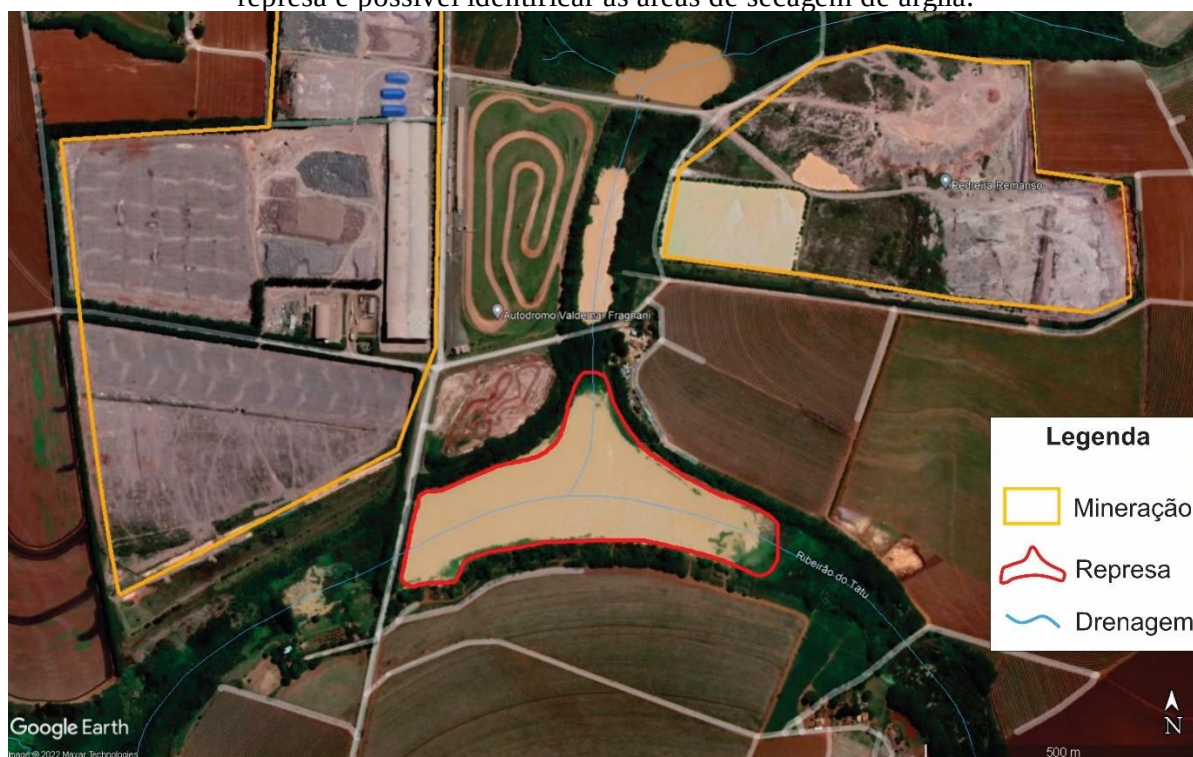
Fonte: Produzido pelo autor.

A unidade é intensamente ocupada pela população cordeiropolense, onde grande parte dos bairros estão instalados sobre o solo da unidade, principalmente nas áreas de topo plano de baixa declividade. Nas regiões periurbanas notou-se, a presença do cultivo de cana-de-açúcar, represamento do Ribeirão Tatu para o abastecimento público (Represa do Barro Preto II), áreas de APPs ao longo das margens de drenagens. Nas regiões rurais foi identificado o intenso cultivo de cana-de-açúcar, o cultivo de abacate e a atividade minerária (extração e secagem de argila).

A atividade minerária é um dos maiores conflitos, quanto ao uso e ocupação verificados nesta unidade. Segundo Zaine (2000), a Fm. Corumbataí é a principal fonte de argila para o polo cerâmico da região, devido a sua abrangência de grande expressividade regionalmente, assim a exploração desta matéria cria um setor de desenvolvimento econômico, porém caso tal exploração não seja realizada com os cuidados técnicos adequados, pode ocasionar a degradação do meio ambiente e gerar conflitos com a população local. Infelizmente na área de estudo, a atividade

minerária gera conflitos com as formas de uso e ocupação, devido à falta de um plano de recuperação ambiental das cavas e a exposição prolonga de grande quantidade de siltitos e argilitos, tanto nas frentes de lavras como nos pátios de secagem de argila, que são localizados próximos as redes de drenagem. Estes problemas implicam no assoreamento dos reservatórios de água (em especial no Reservatório do Barro Preto II, como observado na Figura 21) em função do carreamento pela ação pluvial dos sedimentos expostos, e a suspensão de grande quantidade de poeira, o que diminui a qualidade do ar.

Figura 22 – Imagem de satélite do Google Earth, com destaque para represa do Barro Preto II apresentando uma tonalidade marrom, o que evidencia uma grande quantidade de sedimentos presentes no corpo hídrico. A direita em destaque observa-se a cava de argila desativada (ponto 1) e a esquerda da represa é possível identificar as áreas de secagem de argila.



Fonte: Imagem do Google Earth, modificada pelo autor.

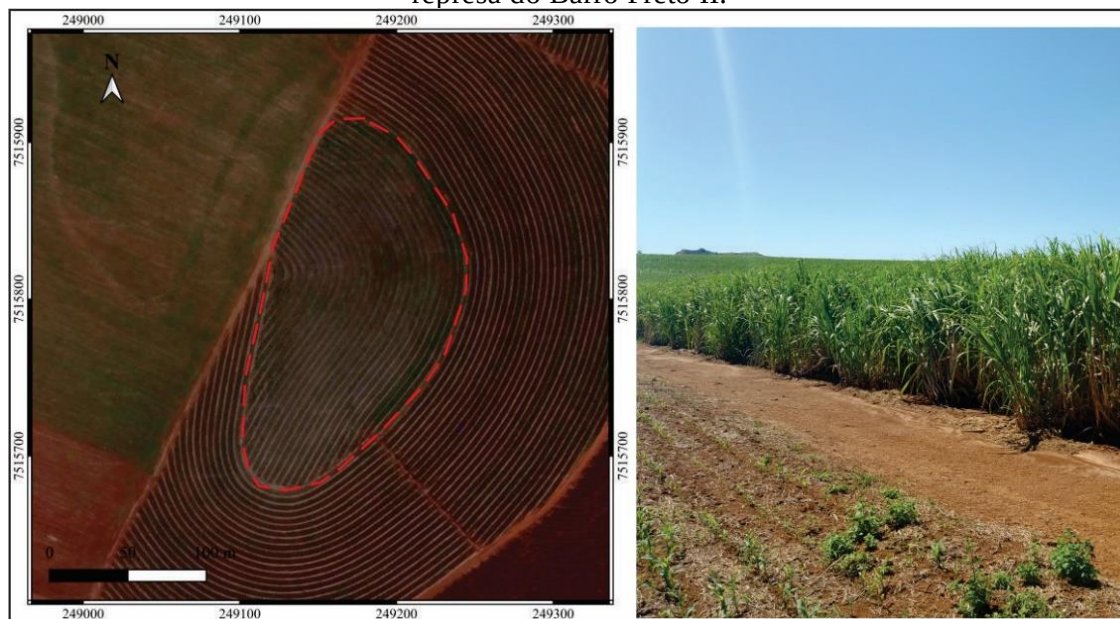
Outros problemas e processos notados, foram: a formação de sulcos, ravinamento em região de média declividade (registrado apenas no ponto 5) (Figura 22), o empastilhamento dos siltitos (há necessidade de remoção no caso de obras de engenharia sobre estes materiais), e o aterramento das lagoas de topo e cabeceiras (feição que será melhor abordada nas unidades subsequentes) para plantio de cana-de-açúcar (Figura 23).

Figura 23 – Detalhe dos problemas associados a erosão na unidade B. Na figura A, é possível observar a formação de sulco no terreno (ponto 20), e na figura B a formação de ravina, na margem de estradas de terra.



Fonte: Autor.

Figura 24 – Aterramento de uma feição de lagoa de topo para o plantio de cana-de-açúcar (podendo ser enquadrado como crime ambiental), observado no ponto 18, próximo a cava desativa do ponto 1 e da represa do Barro Preto II.



Fonte: Imagens do Google Earth (esquerda) e foto do autor (direita).

5.3 Unidade C – Colúvios Sobre a Formação Corumbataí

A unidade C, ocorre no sopé dos morrotes da unidade geológica-geotécnica F, localizado ao norte e ao sudoeste da bacia hidrográfica do Ribeirão Tatu, ocupando aproximadamente 12,1 % da área total mapeada.

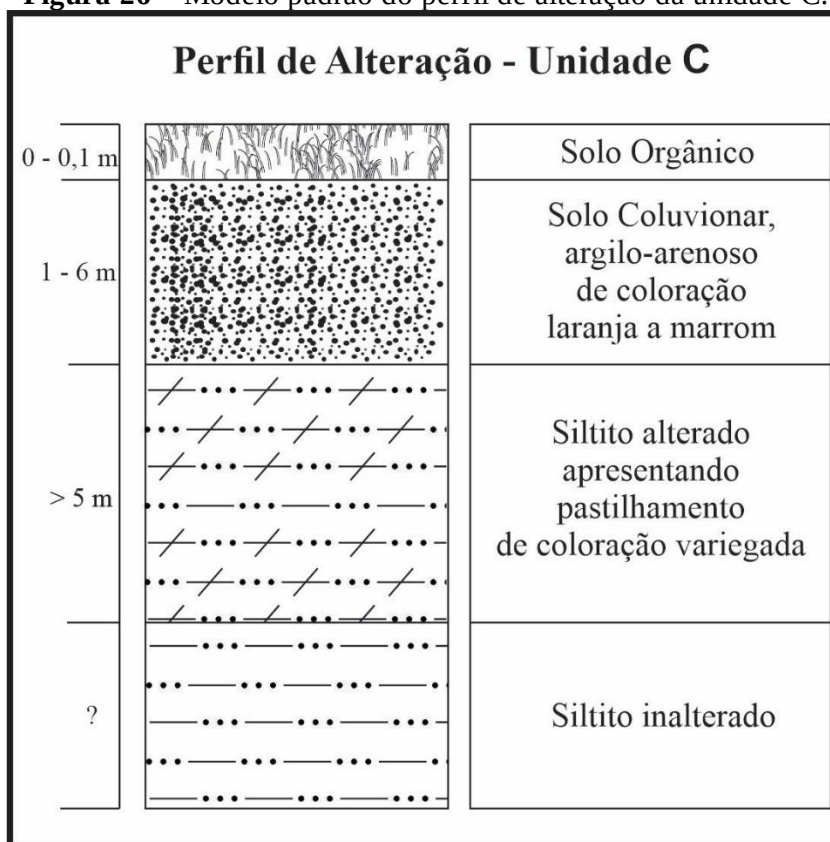
Litologicamente é semelhante a unidade B, constituída por siltitos pastilhados de cor variegada, pertencentes a Fm. Corumbataí. Porém o solo que recobre as rochas desta unidade, se distinguem da unidade B, já que são solos coluvionares argilo-arenosos profundos de cor laranja a marrom, podendo alcançar 6 metros de profundidade (Figura 24 a 25). A gênese deste solo, está ligada ao intemperismo das rochas básicas da unidade F e ao transporte e deposição do solo da mesma.

Figura 25 – Pacote sedimentar contendo siltitos e argilitos, presente na unidade C, sob solo coluvionar espesso, aproximadamente 6 metros. Observado no ponto 45, em cava de mineração desativada, próximo a fazenda Ibicaba, no sudoeste da área de estudo.



Fonte: Autor.

Figura 26 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade C.



Fonte: Produzido pelo autor.

Geomorfologicamente a unidade é caracterizada por amplas colinas de topo aplainado de declividade baixa (até 15%) com uma amplitude de 40 metros (cotas entre 650 e 690 m) e perfil de encosta convexas e côncavas. Em razão da maior profundidade do solo e de uma maior presença de areia, a densidade de drenagem é classificada como baixa, tendo em vista, que estas características aumentam a permeabilidade da unidade.

Uma feição morfológica proeminente na região, são as lagoas de topo e de cabeceiras (Figura 26), que podem ser fechadas ou abertas, denominadas pela população de “lagoas secas”, estas feições foram observadas na unidade C, F e G da área estudada. Zaine (1994) caracterizou essas feições como suaves depressões circulares a ovaladas de dimensões métricas típicas de colinas amplas, podendo ser fechadas ou abertas estando ligadas à rede de drenagem. Outra característica que o autor destaca é a provável intercomunicação entre as lagoas e as águas subterrâneas. Zaine (2000), apresenta novas características como: a presença de solos orgânicos e hidromórficos, e N.A. raso nas proximidades da feição. Zaine (op. cit.), conclui ainda, que as áreas de ocorrência dessas feições são de extrema fragilidade ambiental, sendo que a ocupação pela

população deste meio pode ocasionar a degradação das suas características naturais, podendo implicar na dificuldade do escoamento pluvial, o colapso do solo na região (caso haja carga excessiva), e a potencialidade de contaminação da água subterrânea e/ou dos cursos hídricos.

Figura 27 – Imagem de satélite de uma típica feição de lagoa de topo (“lagoas secas”), observado na unidade C. E uma fotografia de solo hidromórfico, associado a estas feições.

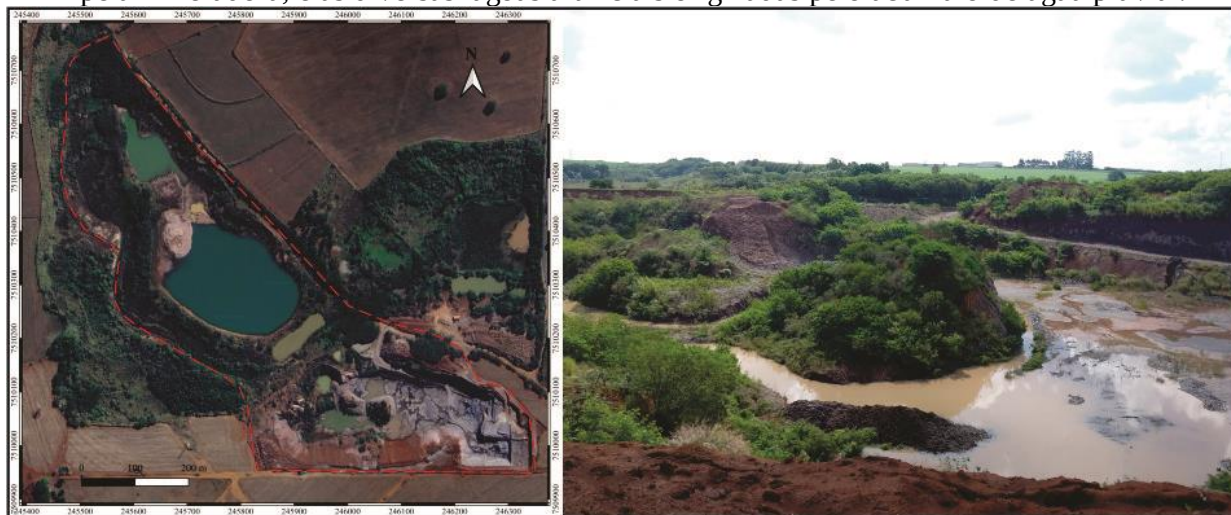


Fonte: Imagens do Google Earth (esquerda) e foto do autor (direita).

Quanto ao uso e ocupação do meio físico, as formas mais comuns constatadas na unidade C foram: o de plantio de cana-de-açúcar, plantio de eucalipto, áreas de APPs, e atividade minerária.

Associados às propriedades geológicas-geotécnicas e as formas de ocupação desta unidade, destacam os seguintes processos e problemas: empastilhamento dos siltitos, erosão pela ação pluvial (sulcos e ravinas), a piora da qualidade do ar e da degradação da paisagem provocado pela mineração sem os devidos cuidados técnicos (Figura 27).

Figura 28 – Detalhe da cava de argila desativa no ponto 45. Nota-se a degradação da paisagem, deixado pela mineradora, e as diversas lagoas artificiais originadas pelo acúmulo de água pluvial.



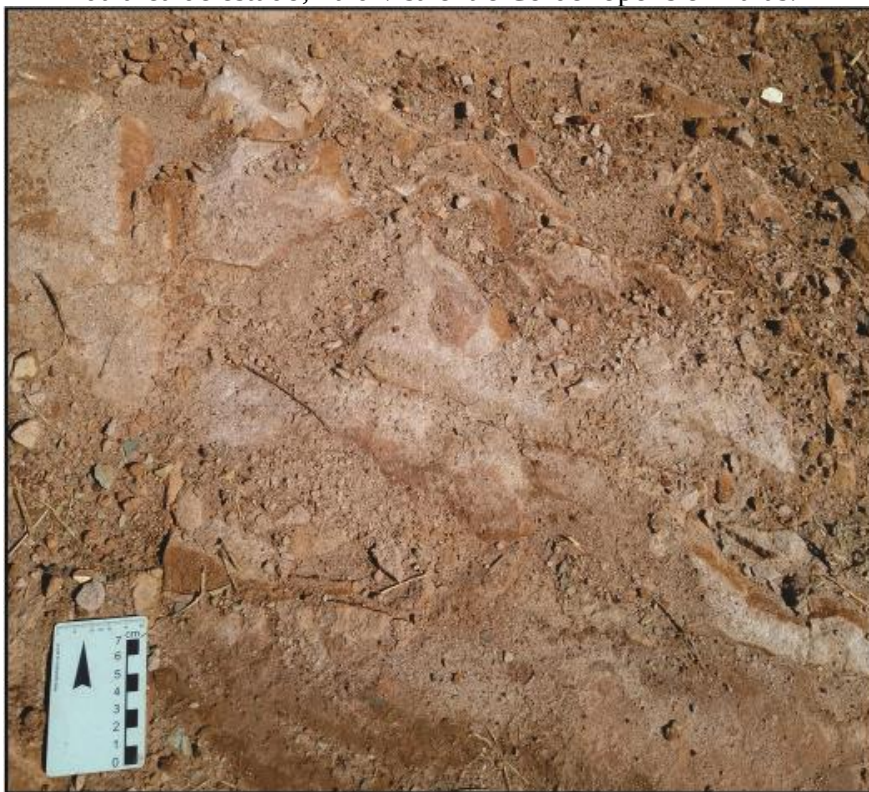
Fonte: Imagens do Google Earth (esquerda) e foto do autor (direita).

5.4 Unidade D – Arenito em Relevo de Topo Associado a Formação Piramboia

A unidade geológica-geotécnica D está inserida no contexto geológico da Formação Piramboia, e ocupa cerca de 0,8% da área total mapeada, estando localizada ao noroeste (Morro Azul) e sudeste, assentada sobre os morrotes da unidade F.

Na área de estudos, a unidade é constituída apenas de arenitos finos a médios maciços de cor branca a amarela, registrado apenas em um único afloramento (Figura 28). Porém a identificação desta unidade é de fácil reconhecimento, em razão da grande quantidade de sedimento arenoso sobre o solo, proveniente da alteração dos arenitos *in situ*.

Figura 29 – Arenito médio a fino pertencente a unidade D, observado no ponto 3. Localizado no noroeste da área de estudo, na divisa entre Cordeirópolis e Araras.



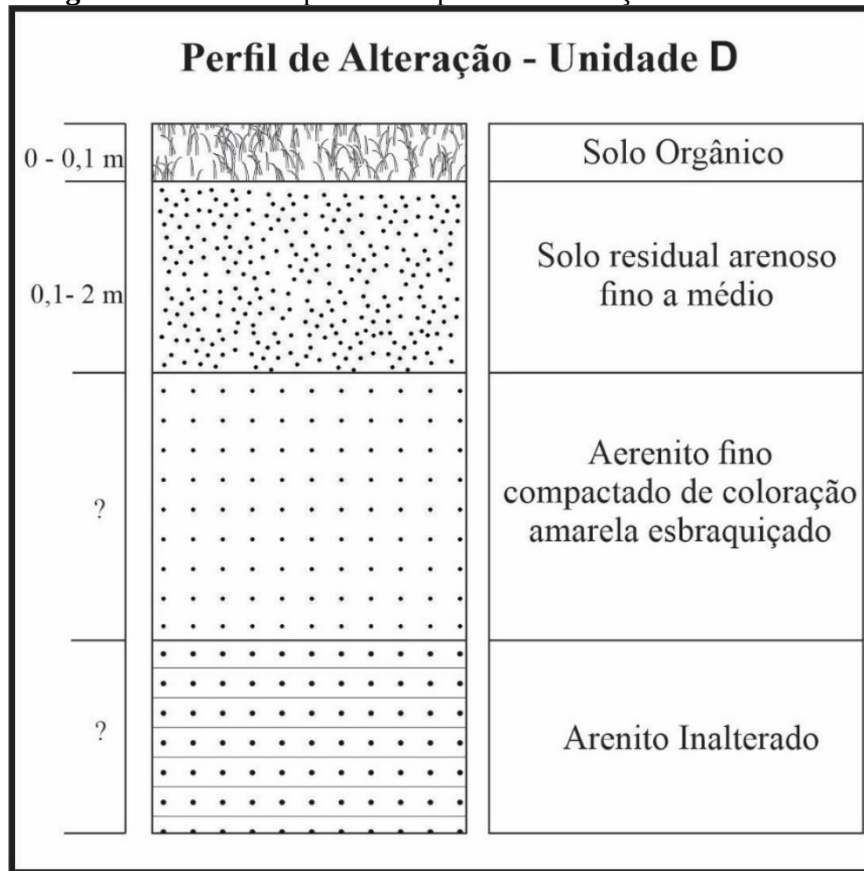
Fonte: Autor.

O solo da unidade, foi caracterizado como arenoso fino a médio, pouco espesso, variando de poucos centímetros a no máximo 2 metros (Figura 29). A coloração de solos pode variar de branco a marrom, o que depende da quantidade de matéria orgânica presente entre os sedimentos.

Conforme qualificado as características morfológicas, por meio da análise de imagens de satélite e produtos de sensoriamento remoto, definiu a unidade como morrotes convexos de topo arredondados de baixa amplitude, cerca de 30 metros, ocupando as cotas de 780 m a 810 m, com declividade baixa a média. A densidade de drenagem é baixa, em consequência da permeabilidade alta dos pacotes arenosos.

As únicas duas formas de uso e ocupação desta unidade observadas em campo, foi o plantio de cana-de-açúcar e uma pequena área de mata na porção noroeste. Já os processos e problemas identificados (e possíveis) se restringem: a formação de sulcos nas áreas de maior declividade, a formação de lama nas porções onde o solo concentra maior quantidade de matéria orgânica, e a possível contaminação dos aquíferos devido a aplicação de defensivos agrícolas nos plantios, tendo em vista a alta permeabilidade do meio.

Figura 30 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade D.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.5 Unidade E – Intrusivas Básica Associada à Fundo de Vale

A unidade geológica-geotécnica E, abrange aproximadamente 1,7% da área mapeada, ocorrendo quase de forma restrita aos fundos de vales e nos leitos de algumas redes de drenagem, como soleira, em especial do ribeirão Tatu na porção centro-sul da bacia (Figura 30).

Figura 31 – Intrusivas básicas da unidade E. A foto A, apresenta um afloramento de diabásio na margem da represa Santa Marina, próximo à rodovia Washigton Luís (ponto 9), já a fotografia B, apresenta uma drenagem correndo sobre uma soleira de diabásio (ponto 108).



Fonte: Autor.

Tal unidade está compreendida no domínio geológico das intrusões básicas. As rochas identificadas, apresentam textura fanerítica e são constituídas de minerais ferromagnesianos, o que implica em uma coloração preta a verde escura, desta maneira as rochas foram denominadas de diabásio (Figura 31).

Figura 32 – Diabásio pertencente a unidade E.

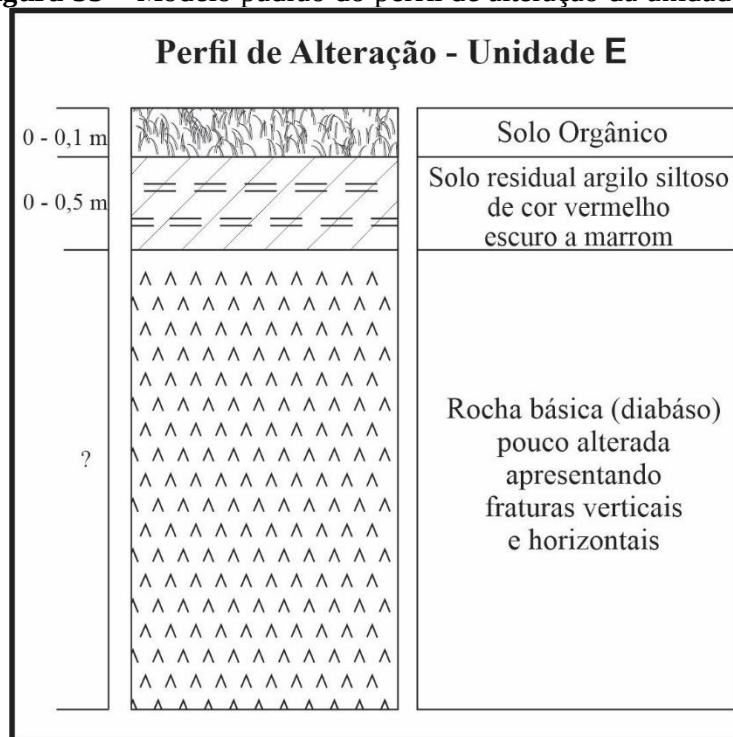


Fonte: Autor.

Morfológicamente a unidade foi caracterizada como um fundo de vale aberto, em casos que a declividade seja muito alta a forma de vale apresenta-se fechado. A amplitude do terreno é de média a alta, com as cotas variando entre os 570 metros e os 650 metros. A declividade também foi classificada como média a alta, sendo superior a 60% em alguns casos, porém, há regiões onde a declividade não ultrapassa os 5%, nesses casos houve interferência antrópica, como observado no represamento da Barragem Santa Marina, próximo à Rodovia Washington Luís. Como trata-se de uma rocha cristalina, a densidade de drenagem é alta, devido à baixa permeabilidade quando as rochas são ou pouco alteradas, o que também pode implicar em um N.A. raso.

Pedologicamente a unidade é constituída por uma fina camada (poucos centímetros) de latossolo argilo-siltoso de coloração vermelha escura a marrom (Figura 32). A rocha apresenta pouca alteração, apenas fraturamento na vertical e horizontal.

Figura 33 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade E.



Fonte: Produzido pelo autor.

As formas de uso e ocupação mais comuns notadas nessa unidade, foram: o represamento do curso hídrico para o abastecimento público, e áreas de APPs com e sem vegetação.

O maior conflito envolvendo esta unidade é quanto a escavabilidade, a presença de soleiras de diabásio pouco alteradas, dificultam a realização de obras nessas áreas, pois para a realização do desmonte da rocha exige a utilização de grande quantidade de explosivos.

5.6 Unidade F – Intrusiva Básica Associada a Morrotes, Vertentes e Baixa encosta

A unidade geológica-geotécnica F, é amplamente distribuída na área mapeada, ocupando cerca de 33,5% da bacia. Sendo a área que melhor representa esta unidade é o Morro Azul, que é um morrote de média amplitude sustentado por rochas intrusivas básicas (diabásio). O Morro Azul (Figura 33) está localizado no sudoeste da região de estudo, próximo à divisa com o município de Limeira.

Figura 34 – Vista panorâmica do Morro Azul, morrote suportado por diabásio. Relevo tipo da unidade F.



Fonte: Autor.

Os diabásio relacionados a unidade, ocorrem em forma de blocos arredondados (esfoliação esferoidal) ou angulosos dispersos em meio ao solo próximo a superfície e/ou subsuperfície, em maior ou em menor quantidade em função da declividade. As rochas normalmente apresentam uma coloração que varia do preto ao verde escuro (Figura 34), porém, quando o estágio de alteração está avançado a rocha passa a apresentar uma coloração amarelada.

Figura 35 – Afloramento de diabásio muito alterado (Ponto 104).

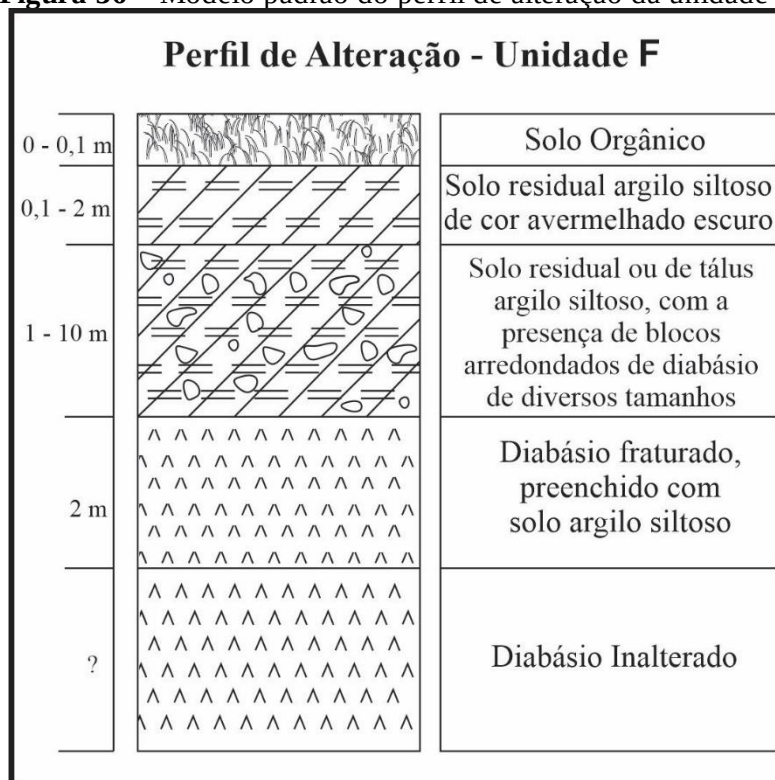


Fonte: Autor.

A alteração do diabásio gera um latossolo argilo-siltoso de coloração vermelha escura a marrom (Figura 35), denominado pela população de “Terra roxa”, e subordinadamente produz uma

fina camada (milimétrica) de minerais magnéticos de granulometria silte, que se assentam sobre a superfície (Figura 36). A espessura dos latossolos pode variar conforme a forma de relevo da unidade. Em áreas onde a declividade é alta, o solo (tálus) é pouco espesso e há uma maior concentração de blocos de diabásio, já em declividade média a espessura do solo (residual) aumenta e a quantidade de blocos dispersos diminuem.

Figura 36 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade F.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 37 – Solo contendo pó de minerais magnéticos, providos da alteração das rochas básicas (Ponto 2).



Fonte: Autor.

Topograficamente a unidade corresponde: aos morrotes de média amplitude (atingindo 160 m) com topo arredondado e perfil de encostas convexas, aos fundos de vales abertos, e as vertentes íngremes de encostas retilíneas a côncavas-convexas. Por meio da interpretação dos produtos de sensoriamento remoto, classificou a densidade de drenagem desta unidade como média, logo, a classificação da permeabilidade é média. Nesta unidade também foram reconhecidas feições de lagoa de topo e de cabeceiras (Figura 37), em locais de declividade baixa.

Quanto ao uso e a ocupação do solo desta unidade, observou: a ocupação de bairros em perímetro urbano e rural, o plantio de cana-de-açúcar (no Morro Azul e no norte da área), aterro sanitário, represamento de água para o abastecimento da população e para atividades de pesca, APPs, mata atlântica (sul da área), e atividade minerária ao norte (extração de brita para construção civil).

Figura 38 – Típica feição de lagoa de cabeceira, na região periurbana do município, próximo à rodovia Constantine Peruchi.



Fonte: Imagem do Google Earth, modificada pelo autor.

Já os processos e problemas identificados (Figura 38), associados as características do meio físico e as diversas formas de uso e ocupação, foram: o surgimento de sulcos nas encostas retilíneas com alta declividade, queda de blocos em corte de paredões, problemas quanto a escavabilidade do meio, a degradação da paisagem caso a atividade minerária não execute um plano técnico de recuperação ambiental, a disposição de resíduos em local inadequado (ocorre nas zonas mais afastadas do perímetro urbano) e a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos (caso não haja cuidados com as cabeceiras de topo).

Figura 39 – Processos e problemas identificados na unidade F. Na foto A é possível visualizar os processos erosivos nas encostas retilíneas encontrados na unidade (ponto 79). A foto B demonstra resíduos sólidos descartados em local incorreto, em encosta próxima a rede de drenagem (ponto 68). Na foto C, foi observado uma escavadeira realizando obras em meio ao solo da unidade F contendo blocos de diabásio.



Fonte: Autor.

5.7 Unidade G – Intrusivas Básicas Associadas a Relevo de Topo de Baixa declividade

A unidade geológica-geotécnica G, estende-se no leste da área mapeada, como intrusivas básicas de topo. Cerca de 21,1 % da bacia hidrográfica é ocupada pela unidade.

A composição litológica da unidade, é constituída por blocos angulosos de diabásio (de dimensões variadas) e blocos de laterita ferruginosos (Figura 39), o que é bem característico desta unidade.

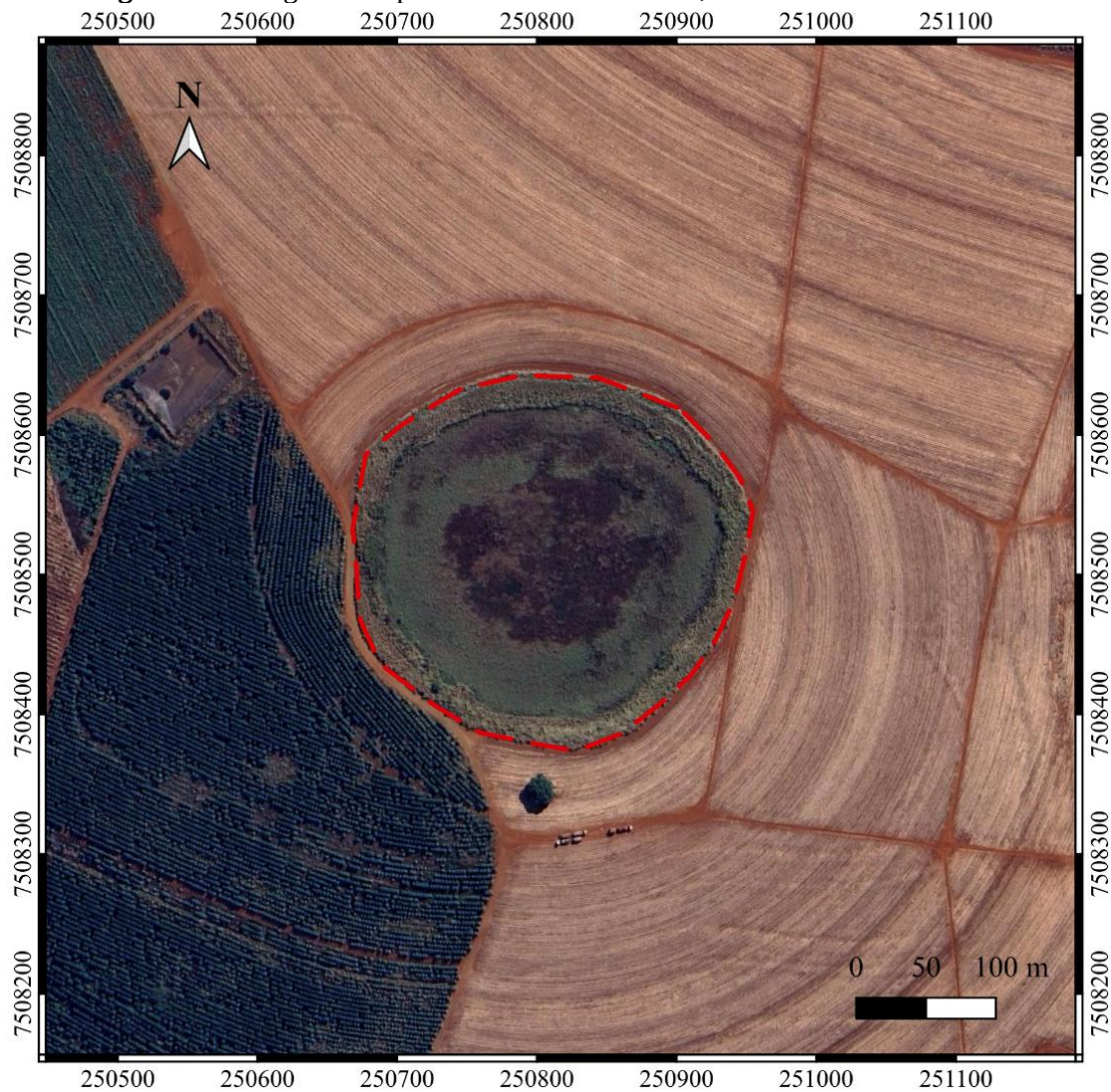
Figura 40 – Blocos de laterita com graus de estágio de formação diferentes (foto abaixo representa o estágio inicial, quanto a foto acima seria mais próximo ao estágio final de formação), característicos da unidade G (ponto 60).



Fonte: Autor.

Geomorfologicamente, a unidade ocorre em topo de relevo, de amplitude e declividade baixa, aproximadamente 60 metros e abaixo dos 15%, respectivamente. O perfil de encosta é convexo (nas declividades mais alta) e próximo ao retilíneo em declividades baixas. As feições de lagoas de topo também foram reconhecidas nesta unidade (Figura 40).

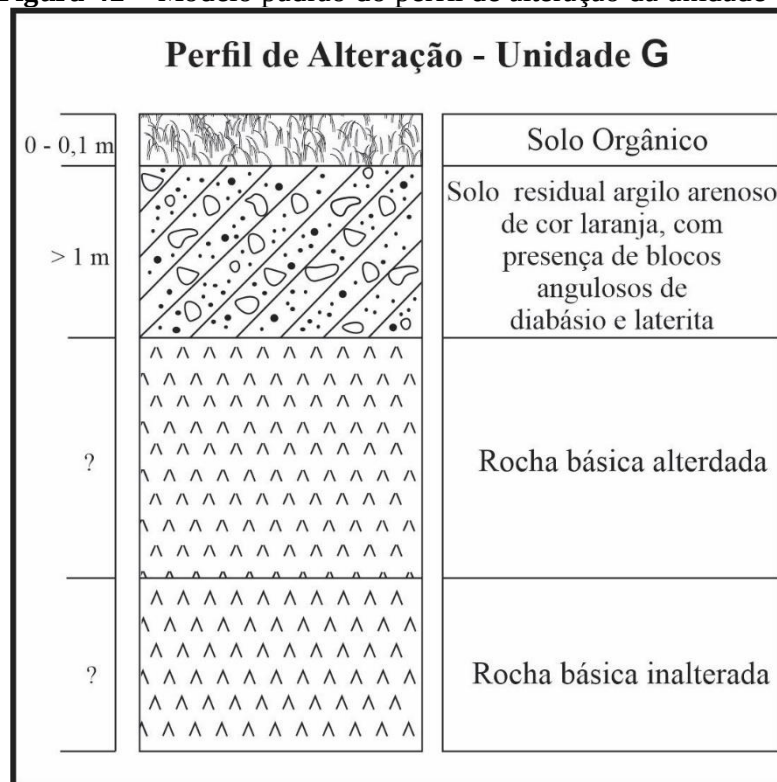
Figura 41 – Lagoa de topo com formato circular, observado na unidade G.



Fonte: Imagem do Google Earth, modificada pelo autor.

A alteração das rochas nesta unidade, produzem um solo residual argilo-arenoso de coloração marrom alaranjada, com pedaços de crosta laterítica e blocos de diabásio dispersos na matriz (Figura 41). Devido a maior quantidade de areia presente no solo, a permeabilidade do meio é alta, logo, a densidade de drenagem é baixa (evidenciado pela baixa quantidade de rede de drenagem).

Figura 42 – Modelo padrão do perfil de alteração da unidade G.



Fonte: Produzido pelo autor.

O uso e ocupação desta unidade, é composta pelo setor industrial do município (próximo as Rodovias Washington Luís e Anhanguera), residências rurais, plantio de cana-de-açúcar e de citricultura.

Semelhante as unidades E e F, o grande problema referente as características físicas desta unidade é quanto ao grau de escavabilidade do meio, por causa da resistência da leiteria e do diabásio. Assim dificultando a agricultura de pequeno porte, já há necessidade de equipamentos robustos para arar o solo.

Outra adversidade que pode ser relatada é quanto as lagoas de topo, como já comentado, são feições de alto grau de fragilidade ambiental. Deste modo, tais feições, requerem um extremo cuidado, para que não haja a degradação das mesmas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da compilação dados apresentados, foi possível descrever e delimitar sete unidade geológicas-geotécnicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu, no município de Cordeirópolis – SP e a confecção do mapa geológico-geotécnico preliminar na escala de 1:25.000. As unidades foram identificadas e caracterizadas com base na análise integrada das seguintes propriedades, geologia local, o perfil de solo, as formas de relevo, os processos geodinâmicos e as diferentes formas de uso e ocupação.

Cada unidade geológico-geotécnica apresenta, características distintas, podendo apresentar níveis de similaridade em alguns dos aspectos. Essas características tem influência direta nos processos e problemas identificados em cada unidade. Alguns dos principais processos e problemas observados foram o empastilhamento dos siltitos expostos ao clima (nas unidades A, B e C), a erosão (sulcos e ravinas) em encostas de média a alta declividade (solo e litologia influência), a degradação do meio ambiente devido à atividade minerária (unidades B, C e F), o assoreamento dos recursos hídricos presentes na unidade B, e a dificuldade quanto a escavabilidade do terreno nas unidades E, F e G devido a presença de blocos e soleiras de diabásio, que por vezes necessita a utilização de explosivos para o desmonte das rochas.

É importante ressaltar que algumas unidades apresentam maior fragilidade ambiental e demandam cuidados especiais em relação ao uso e ocupação. Por exemplo, as lagoas de topo e de cabeceiras, presentes nas unidades B, C, F e G, são feições frágeis que podem sofrer degradação se não forem adequadamente preservadas. Tais feições, são importantes para a manutenção dos recursos hídricos, tanto superficiais e subterrâneos, pois possui comunicação com estas, como comentado por ZAINÉ (2000).

Em conclusão, a descrição das unidades geológicas-geotécnicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu na região de Cordeirópolis, fornece um importante subsídio para o planejamento e gestão territorial, e ainda para futuros trabalhos técnicos de maior detalhamento. O Conhecimento das características geológicas e geotécnicas da região, juntamente com a identificação dos processos e problemas associados, contribui para a tomada decisões fundamentadas visando à preservação do meio ambiente, ao desenvolvimento sustentável e à redução dos riscos geotécnicos na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim Instituto Geográfico e Geológico, 41: 167-263, 1964.
- ALMEIDA, M. C. J; FREITAS, C. G. L. Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes. In: I ENCONTRO REGIONAL DE GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE, 1, 1996, São Carlos. Anais..., São Carlos, p. 195 – 200, 1996.
- AMARAL, S. E. Geologia e petrologia da formação Irati (Permiano) no estado de São Paulo. Boletim IGA, 2, 03-81. 1971.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Interação flúvio-eólica na Formação Piramboia. Simpósio de Geologia do Sudeste, 1995.
- BRANDÃO, A. M. de P. M. Clima Urbano e enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (Orgs). Impactos ambientais urbano no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. Cap.2, p.47-109.
- CORDANI, U. G.; VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná basin. In: Problems in brazilian gondwana geology. [S.l: s.n.], 1967.
- CERRI, L. E. S. Carta Geotécnica: Contribuições Para Uma Concepção Voltada as Necessidades Brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador, ABGE, v.1, 1990. p.309-317.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo: Blucher, 1980.
- COOKE, R. V., DOORKAMP, J. C. Geomorphology in Environmental Management. Oxford: Claredon Press, 1990.
- DAEMON, R. F. & QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, v. 24, p. 359-412, 1970.
- FÚLFARO, V. J. STEVAUX, J. C., SOUZA-FILHO, E. E. & BARCELOS, J. H. A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, p. 711-723, 1984.
- IAEG COMISSION ON ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING; UNESCO. Guide Pour la Preparation des Cartes Géotechniques. Paris: Les Press de l'Unesco, 1976.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em maio. 2023.

Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG. Unidades Aquíferas do Estado de São Paulo na Escala de 1:750.000. 2007. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>. Acesso em: agosto de 2022.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CATOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Limite Municipal na Escala 1:50.000 da Malha Municipal do Estado de São Paulo. 2015.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CATOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. IGC – Cartas Topográficas 1:10.000. 1979. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>. Acesso em: agosto de 2022.

INSTITUTO FLORESTAL. Inventário Florestal 2020, escala 1:10.000. 2020. Disponível em: <https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>. Acesso em: agosto de 2022.

IRRIGART - ENGENHARIA E CONSULTORIA EM RECURSOS HIDRICOS E MEIO AMBIENTE LTDA. Plano Diretor de Recomposição Florestal da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Tatu – Cordeirópolis/SP. Relatório. Piracicaba, 2015. Disponível em: Secretária do Meio Ambiente – Cordeirópolis/SP.

HACHIRO, J. Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná. 1996. Universidade de São Paulo, 1996.

LANDIM, P. M. B. O Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP). Boletim. Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM, São Paulo, 252, 103 p, 1970.

LORETI, R. & CALTABELOTTI, F. P. Carta Geológica do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes – escala 1:100.000, Estado de São Paulo. Informe de Recursos Minerais, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, São Paulo. 2014.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul-oriental. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 255p., 1997.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 15, n.2, p.265-287, 2007.

NAKAZAWA, V. A.; PRANDINI, F. L.; SANTOS, A. R. dos & FREITAS, C. G. L. de. Cartografia Geotécnica: A Aplicação Como Pressuposto. In: Simpósio DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., São Paulo. *Anais...*, São Paulo: SBG, 1991. p.329-336.

PENTEADO, M. M. Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica paulista. Universidade de S. Paulo, Instituto de Geografia, 1976.

PERINOTTO, J. A. J. Análise estratigráfica da sequência portadora de carvão de Cerquillo (SP). São Paulo. 76p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP), 1987.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, M. F. Patrimônios Naturais e História Geológica da Região de Rio Claro - SP. Rio Claro: Arquivo Público e Histórico do de Rio Claro, v. 1. 2008.

PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L. de & DINIZ, N. C. Cartografia Geotécnica nos Planos Diretores Regionais e Municipais. In: BITAR, O.Y. (coord.). Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. ABGE/IPTDIGEO. São Paulo. Série Meio Ambiente, p.187-202. 1995

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. de; PRANDINI, F. L. - 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. 2 V. Escala 1:500.000. (Publicação IPT 1183 - Monografias 5).

PROESPLAN – Engenharia. Plano Diretor do Sistema de Macrodrenagem do Município de Cordeirópolis. Relatório. Cordeirópolis – SP, v.1, 2014.

REDAELLI, L. L.; CERELLO, L. Escavações. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. Geologia de Engenharia. 1.ed. São Paulo: ABGE, 1998. Cap. 19, p. 311-330.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. p. 15-19, 1997.

ROSSI, M. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. Instituto Florestal, São Paulo, V.1. 118p., 2017.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 41-65, 1974.

SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. Fósseis da região de Rio Claro. Instituto Geológico. Arquivo do Município de Rio Claro, Rio Claro: 77 p., 1992.

SIQUEIRA, L. F. da S. de. Tectônica deformadora em sinéclises intracratônicas: a origem do Alto Estrutural de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. Diss. Universidade de São Paulo, 2011.

SOARES, P. C. O limite glacial-pós-glacial do grupo tubará no estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 44, 1972.

SOARES, P. C. Divisão estratigráfica do Mesozóico no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v. 5, n. 4, p. 229-251, 1975.

SOUZA, N. C. D. C. de. Mapeamento Geotécnico com Base na Compartimentação por Formas de Relevo e Perfis Típicos de Alteração. Monografia Geotécnica nº2. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1992.

TONETTO, E. M.; BONOTTO, D. M. Mapeamento Hidroquímico na Região de Rio Claro e Adjacências (São Paulo - Brasil). Águas Subterrâneas, nº 1, julho de 2002.

VARNES, D. J. The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of maps units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering. Professional paper 837, U.S. Geological Survey. [s.l.], p. 48. 1974.

VAZ, L. F. Classificação Genética dos Solos e dos Horizontes de Alteração de Rocha em Regiões Tropicais. Solos e Rochas, São Paulo, p.117-136, 1996.

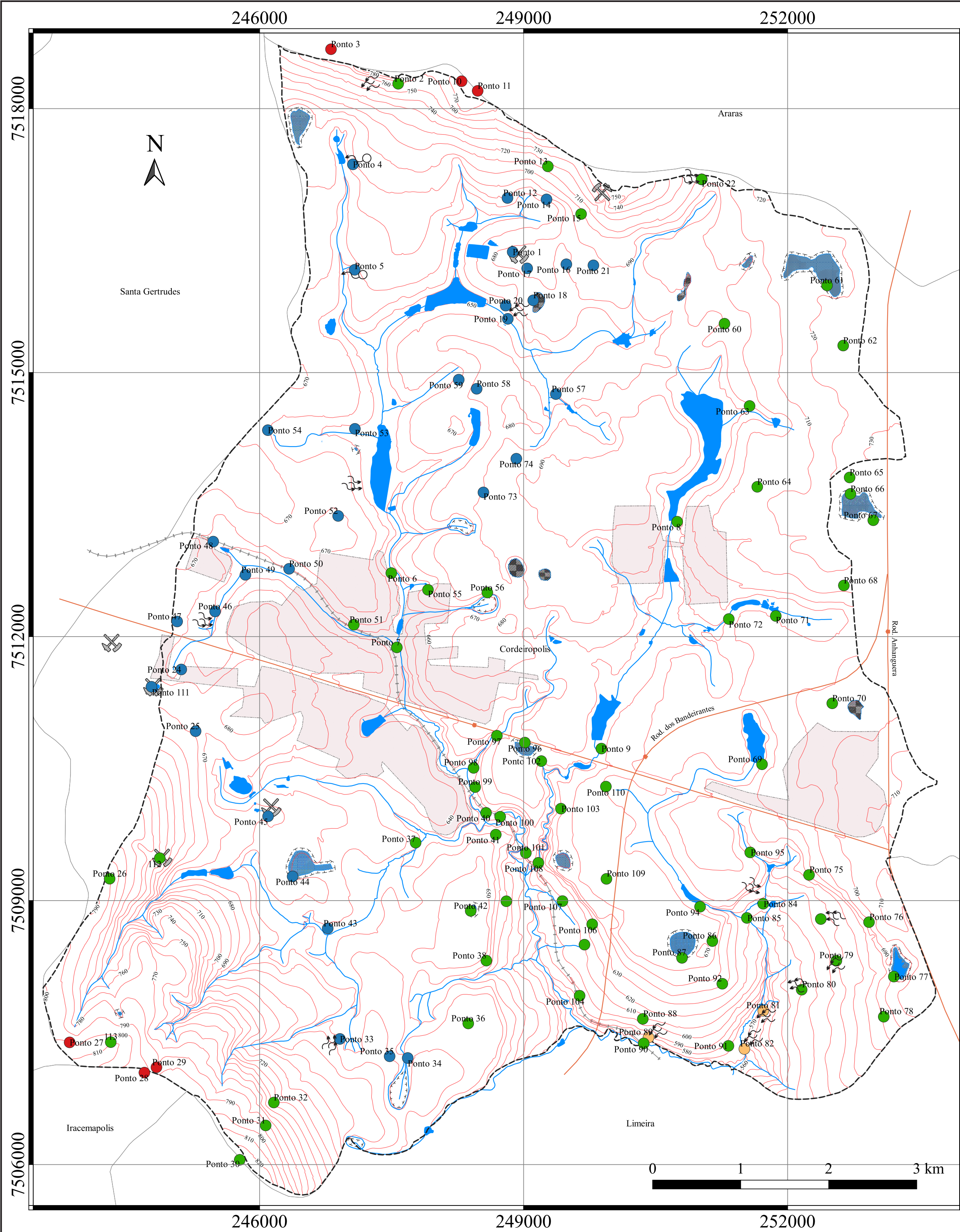
ZAINE, J. E. Geologia da Formação Rio Claro na folha de Rio Claro (SP). Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1994.

ZAINE, J. E. Mapeamento Geológico-geotécnico por Meio do Método do Detalhamento Progressivo: Ensaio de Aplicação na Área Urbana do Município de Rio Claro – SP. Dissertação de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2000.

ZAINE, J. E. Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG. Tese (Livre – docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2011.

ZALÁN, P. V. Evolução fanerozóica das bacias sedimentares brasileiras. Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, p. 595-613, 2004.

ZUQUETTE, L. V. Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as Condições Brasileiras. Tese de Doutorado em Geotecnia - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

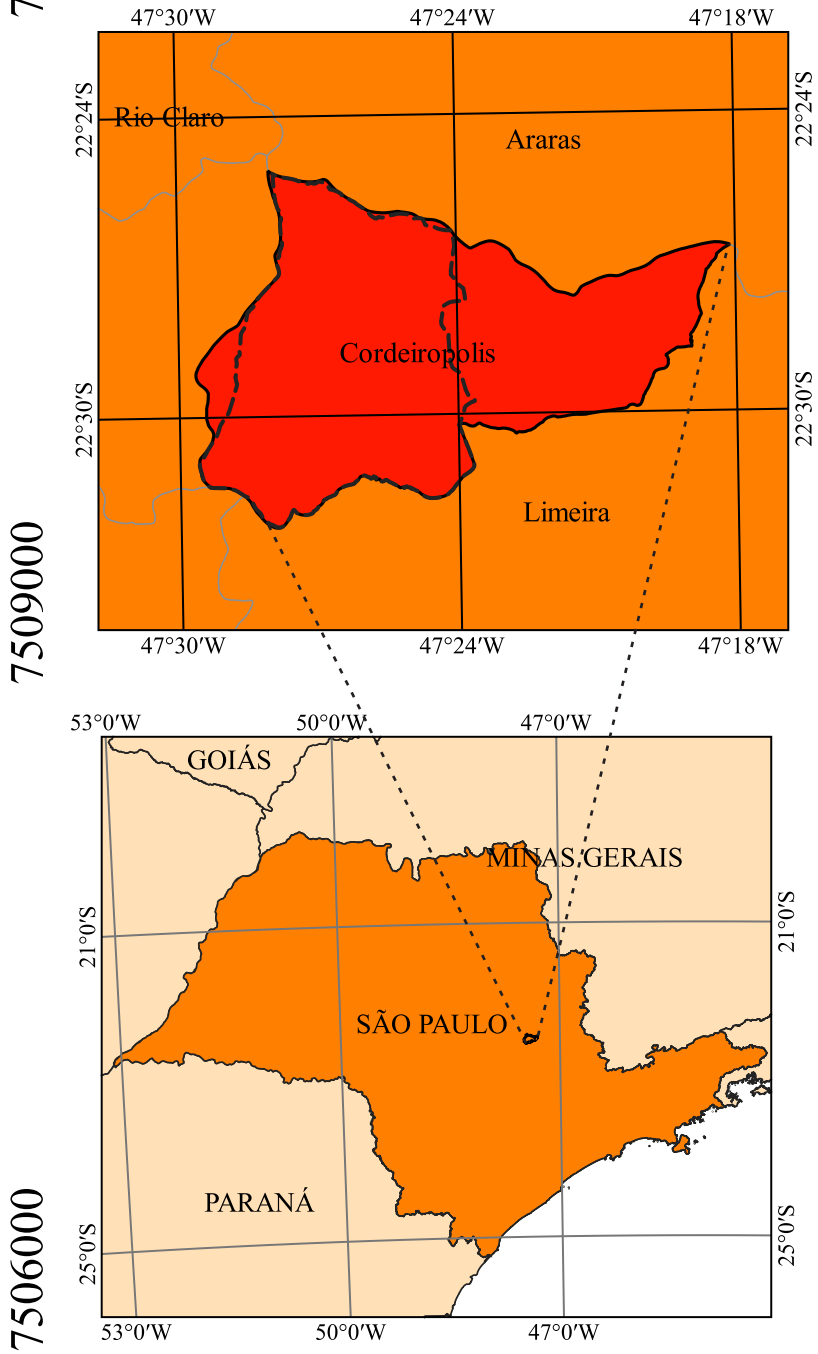


Legenda

	Limite Municipal		Lagoas de Cabeceira (Depressão Aberta)
	Perímetro Urbano		Lagoas de Topo (Depressão Fechada)
	Curva de Nível		Lagoa Aterrada
	Trilho de Trem		Ravinas
	Rodovias		Sulcos
	Bacia Hidrográfica do Tatu		Mineração
	Lagos e Represas		Mineração Desativada
	Rede de Drenagem		

Pontos Estudados - Domínios Geológico

	Intrusivas Básicas
	Fm. Piramboia
	Fm. Corumbataí
	Fm. Tatuí



unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Rio Claro

Mapeamento Geológico-Geotécnico
Preliminar da Bacia Hidrográfica do
Ribeirão Tatu no Município de Cordeirópolis,
SP, na Escala de 1:25,000

Apêndice A
Mapa de Pontos

Escala 1:25.000
Projeção: UTM
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 23 S

Felipe Correr Junqueira
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro - SP, 2023

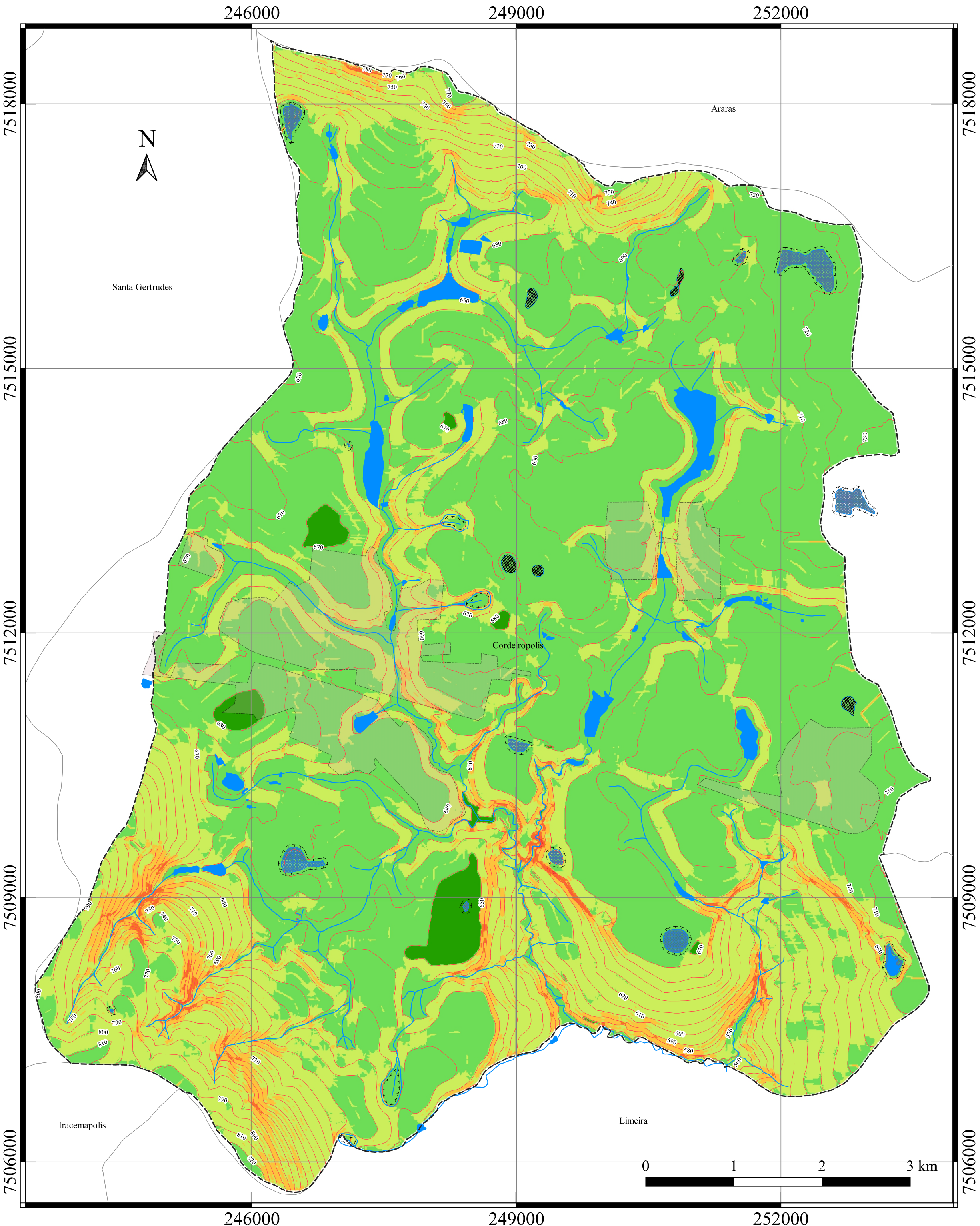
Apêndice B

Tabela de Pontos

Ponto	Coordenadas (UTM)	Unidade Geologica-Geotécnica
1	248875.8,7516372.1	Unidade B
2	247574.7,7518282.7	Unidade F
3	246811.4,7518675.1	Unidade D
4	247060.1,7517366.5	Unidade C
5	247080.8,7516168.2	Unidade B
6	247497.0,7512722.0	Unidade F
7	247559.6,7511877.1	Unidade F
8	250745.5,7513305.6	Unidade F
9	249884.2,7510727.1	Unidade E
10	248295.2,7518311.4	Unidade D
11	248478.1,7518202.1	Unidade D
12	248816.9,7516984.4	Unidade C
13	249275.7,7517343.9	Unidade F
14	249260.6,7516968.4	Unidade C
15	249653.3,7516801.9	Unidade F
16	249486.0,7516231.3	Unidade C
17	249040.7,7516184.6	Unidade B
18	249109.7,7515821.4	Unidade C
19	248806.8,7515600.4	Unidade B
20	248828.4,7515622.7	Unidade B
21	249793.3,7516219.0	Unidade C
22	251023.9,7517196.0	Unidade C
23	251028.8,7517197.1	Unidade D
24	245110.1,7511625.0	Unidade C
25	245276.3,7510926.3	Unidade C
26	244302.3,7509248.2	Unidade F
27	243848.4,7507386.1	Unidade D
28	244691.9,7507043.0	Unidade D
29	244827.7,7507100.2	Unidade D
30	245773.1,7506053.0	Unidade F
31	246074.2,7506443.4	Unidade F
32	246161.8,7506704.3	Unidade F
33	246912.3,7507426.3	Unidade B
34	247684.4,7507213.7	Unidade C
35	247478.8,7507233.3	Unidade C
36	248374.2,7507605.0	Unidade F
37	247784.4,7509660.2	Unidade F
38	248581.5,7508318.1	Unidade F
39	248806.6,7508990.5	Unidade F

40	248572.5;7509999.7	Unidade F
41	248685.1;7509747.7	Unidade E
42	248392.0,7508884.6	Unidade F
43	246787.2,7508688.0	Unidade B
44	246379.8,7509270.6	Unidade C
45	246093.9,7509956.8	Unidade C
46	245498.8,7512287.1	Unidade B
47	245068.1,7512174.6	Unidade B
48	245473.8,7513082.4	Unidade B
49	245845.5,7512707.1	Unidade B
50	246336.9,7512771.4	Unidade B
51	247071.4,7512135.2	Unidade F
52	246899.8,7513377.2	Unidade B
53	247089.3,7514360.1	Unidade B
54	246092.1,7514349.4	Unidade B
55	247914.9,7512530.2	Unidade F
56	248594.0,7512498.0	Unidade F
57	249369.6,7514756.9	Unidade B
58	248468.9,7514814.0	Unidade B
59	248265.1,7514917.7	Unidade B
60	251288.9,7515557.5	Unidade G
61	252454.0,7515989.9	Unidade G
62	252639.9,7515307.3	Unidade G
63	251574.8,7514617.5	Unidade F
64	251653.4,7513698.9	Unidade G
65	252711.4,7513806.1	Unidade G
66	252718.5,7513627.4	Unidade G
67	252990.1,7513320.1	Unidade G
68	252639.9,7512569.5	Unidade G
69	251703.5,7510539.4	Unidade G
70	252504.1,7511232.8	Unidade G
71	251867.9,7512240.7	Unidade F
72	251335.3,7512204.9	Unidade F
73	248547.5,7513634.6	Unidade B
74	248926.4,7514024.2	Unidade B
75	252257.4,7509288.4	Unidade F
76	252936.5,7508759.5	Unidade F
77	253193.9,7508137.6	Unidade F
78	253108.1,7507680.1	Unidade F
79	252564.8,7508316.3	Unidade F
80	252157.4,7507987.5	Unidade F
81	251721.3,7507740.8	Unidade A
82	251510.5,7507315.5	Unidade A

83	252386.1,7508784.5	Unidade F
84	251724.9,7508966.8	Unidade F
85	251535.5,7508809.5	Unidade F
86	251149.5,7508537.9	Unidade G
87	250799.2,7508348.4	Unidade G
88	250356.0,7507644.3	Unidade F
89	250416.8,7507447.8	Unidade A
90	250368.5,7507378.1	Unidade E
91	251331.8,7507354.8	Unidade F
92	251256.7,7508051.8	Unidade F
93	251567.6,7508441.4	Unidade F
94	251006.5,7508923.9	Unidade F
95	251574.8,7509545.8	Unidade F
96	249015.7,7510796.7	Unidade G
97	248686.9,7510875.4	Unidade E
98	248433.1,7510496.5	Unidade F
99	248447.4,7510285.6	Unidade F
100	248736.9,7509950.8	Unidade E
101	249024.8,7509542.5	Unidade F
102	249206.2,7510578.9	Unidade F
103	249433.0,7510052.0	Unidade F
104	249638.9,7507926.8	Unidade F
105	249691.3,7508495.6	Unidade F
106	249782.0,7508736.4	Unidade F
107	249450.5,7508994.6	Unidade F
108	249167.8,7509430.8	Unidade E
109	249946.0,7509245.9	Unidade G
110	249935.5,7510292.8	Unidade G
111	244795.4,7511430.3	Unidade C
112	244865.2,7509476.2	Unidade F
113	244327.9,7507403.4	Unidade F

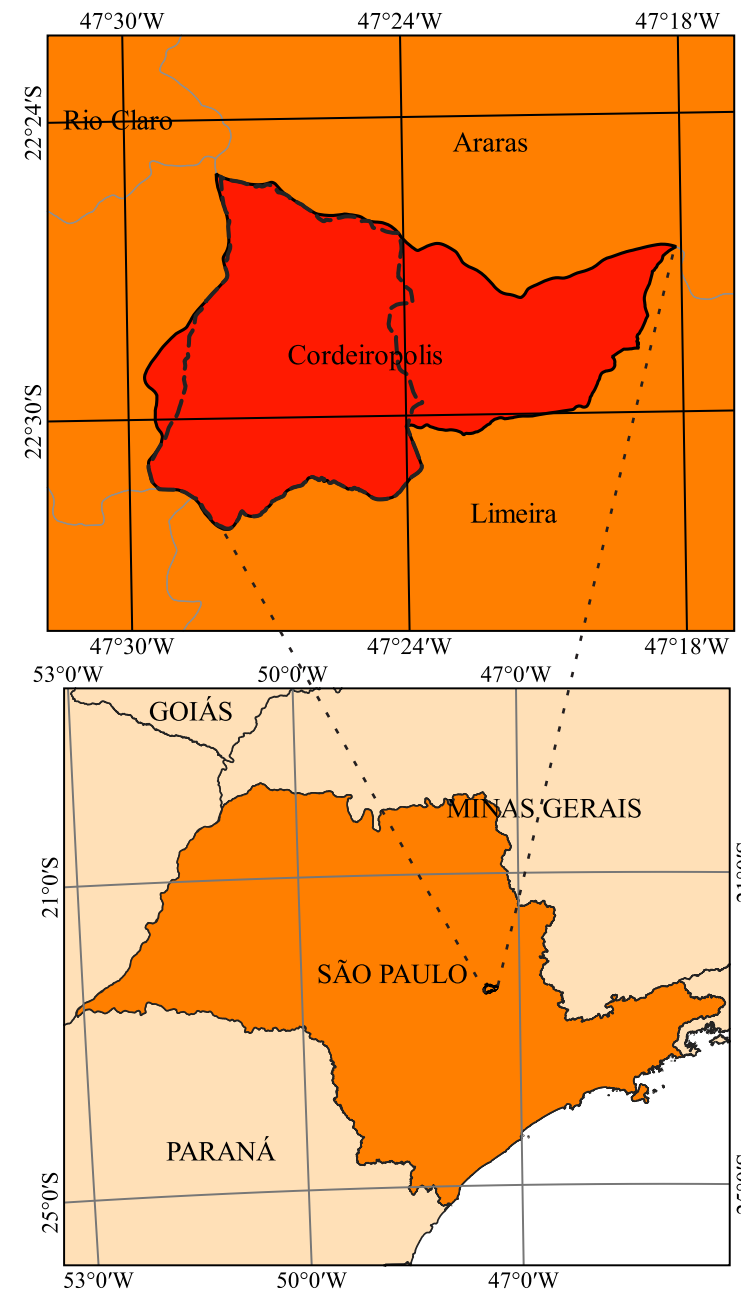


Legenda

	Bacia Hidrográfica do Tatu		Curva de Nível
	Lagos e Represas		Perímetro Urbano
	Rede de Drenagem		Limite Municipal
	Lagoa de Cabeceira (Depressão Aberta)		
	Lagoa de Topo (Depressão Fechada)		
	Lagoa Aterrada		

Intervalos de Declividade

	0 - 5%		16 - 30%		61 - 100%
	6 - 15%		31 - 60%		



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Rio Claro

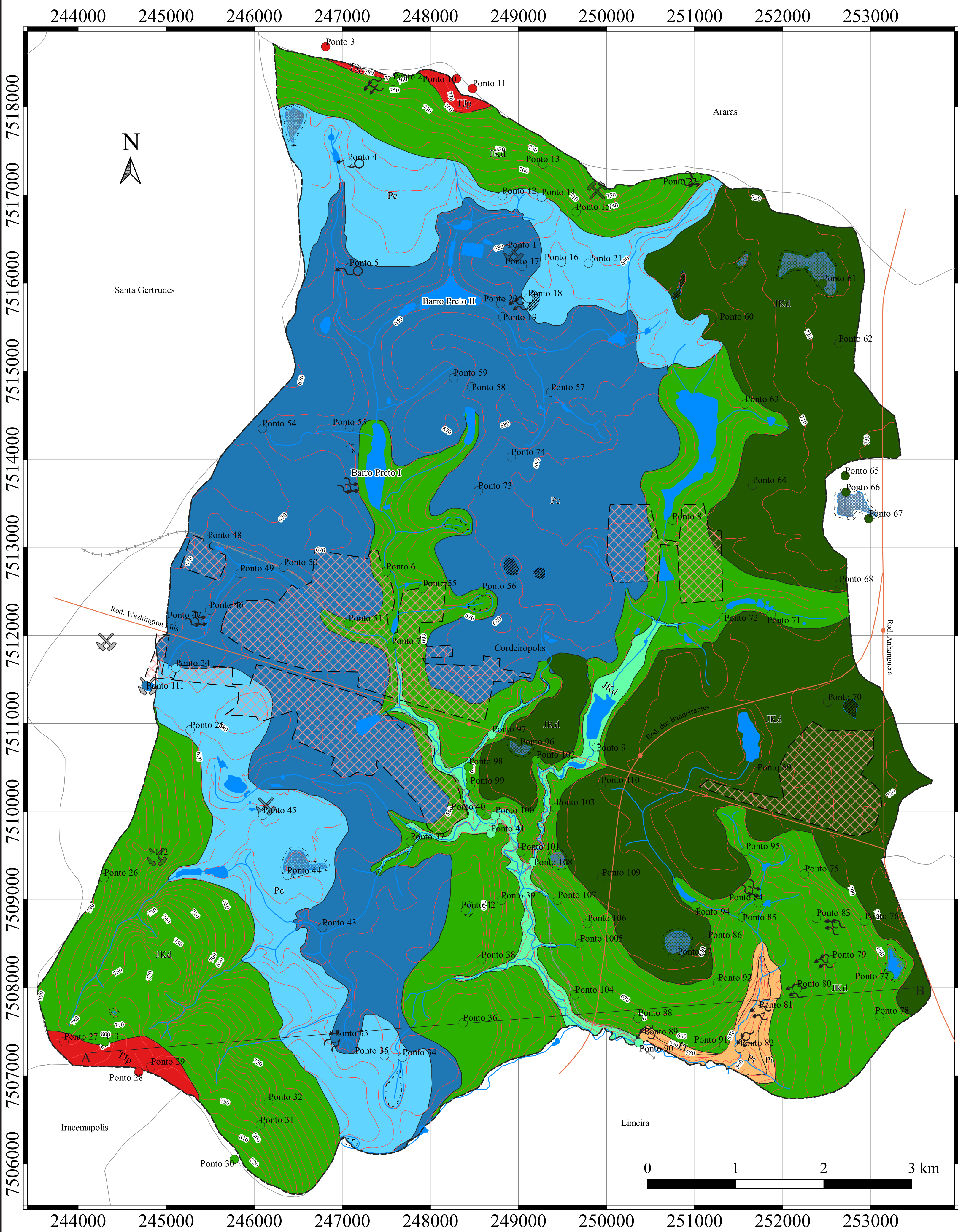
Mapeamento Geológico-Geotécnico
Preliminar da Bacia Hidrográfica do
Ribeirão Tatu no Município
Cordeirópolis ,SP, Na Escala de 1:25.000

Apêndice C
Mapa de Declividade

Escala 1:25.000
Projeção: UTM
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 23 S

Felipe Correr Junqueira
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro - SP, 2023



Limite Municipal

Perímetro Urbano

Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu

Rodovias

Trilho de Trem

Curva de Nível

Rede de Drenagem

Lagoas e Represas

Lagoa de Cabeceira (Depressão Aberta)

Lagoa de Topo (Depressão Fechada)

Lagoa Aterrada

Ravinas

Sulcos

Mineração

Mineração Desativada

Unidades Geológicas-Geotécnicas

Unidade G - Intrusiva Básica Associada à Relevo de Topo de Baixa Declividade

Unidade F - Intrusiva Básica Associado à Morrotes, Vertentes e Baixa encosta

Unidade E - Intrusiva Básica Associado à Fundo de Vale

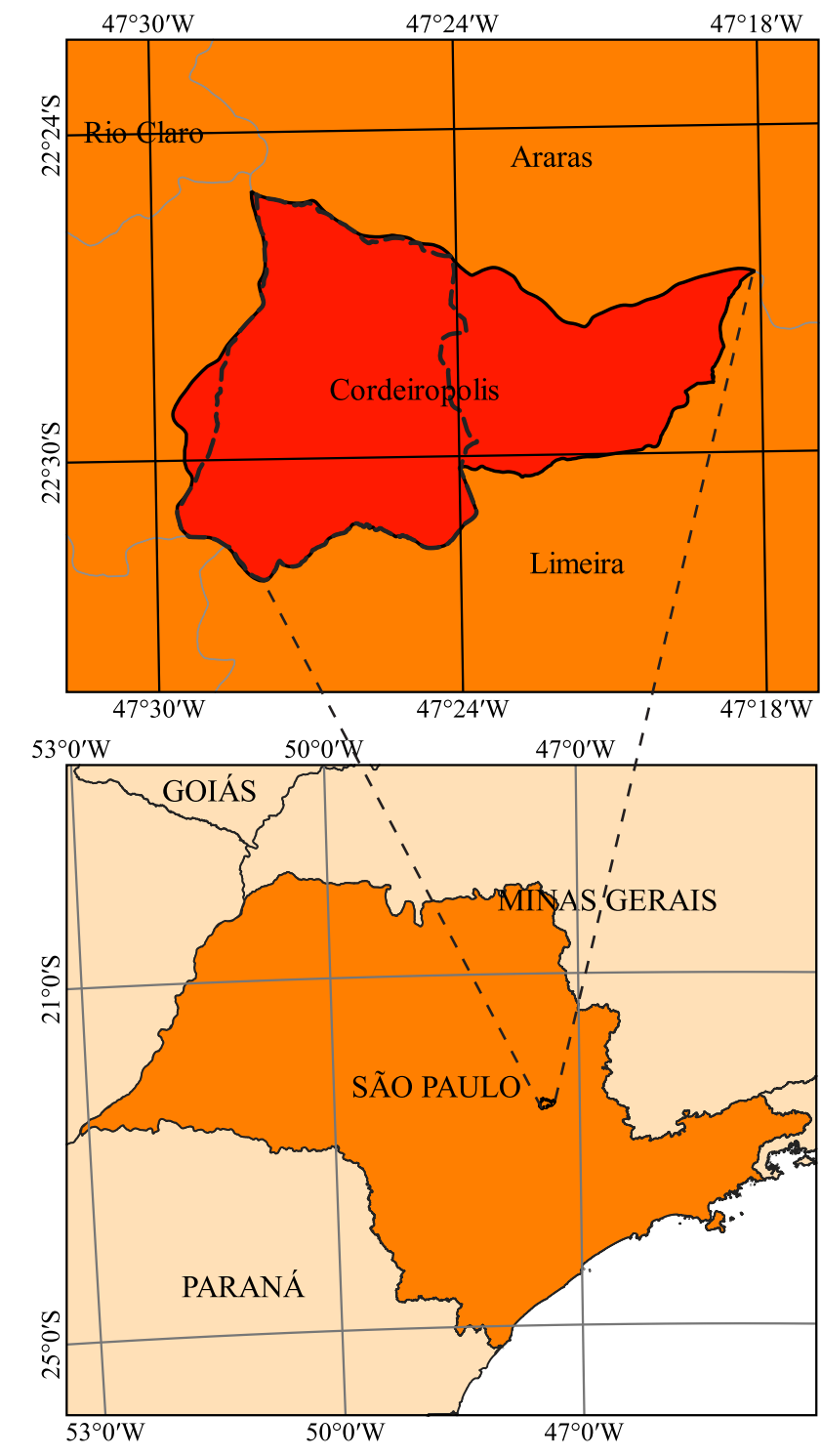
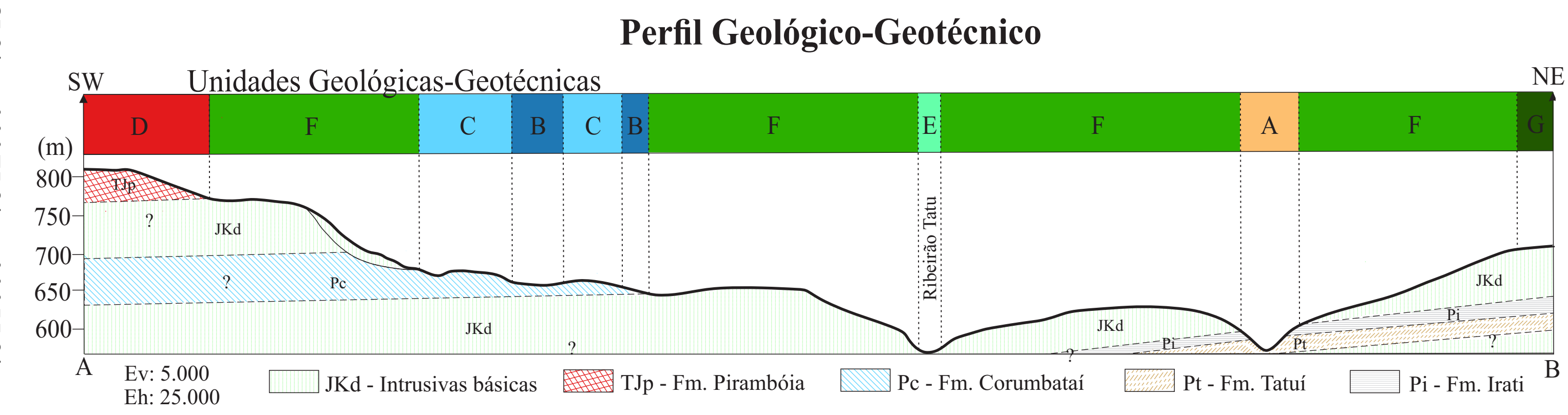
Unidade D - Arenito em Relevo de Topo Associado à Fm. Pirambóia

Unidade C - Colúvios Sobre a Fm. Corumbataí

Unidade B - Domínio da Fm. Corumbataí

Unidade A - Siltitos e Arenitos Associados a fundo de Vales e Encostas de Média Declividade

Unidade Geológica-Geotécnica	Domínio Geológico	Substrato Rochoso	Solo	Profundidade do Solo	Geomorfologia	Forma do Topo	Amplitude do Relevo	Declividade	Perfil da encosta	Densidade de Drenagem	Permeabilidade	Principais processos/Problemas
G	Intrusão Básica	Diabásio	Solo residual argilo arenoso de coloração laranja	>1m	Topo de colina	Aplainado	Baixa (60 m)	Baixa	Convexas - Retilneas	Baixa	Alta	Escavabilidade, Degradação de feições de Lagoa de Topo
F	Intrusão Básica	Diabásio	Argilo arenoso de coloração avermelha a marrom	1 a 10 m	Morrotes, vertentes e baixa encosta	Arredondado	Média (160 m)	Média a Alta	Convexas - Retilneas	Média	Média	Erosão, Queda de Blocos, Degradação da Paisagem, Descarte de Resíduos em Local Incorreto, Degradação de feições de Lagoa de Topo
E	Intrusão Básica	Diabásio	Solo residual argilo siloso vermelho a marrom	0,5m <	Funde de vale	-	Baixa (80 m)	Média a Alta	-	Alta	Baixa	Escavabilidade
D	Fm. Pirambóia	Arenito fino a médio	Solo residual arenoso	2m <	Morrotes	Arredondado	Baixa (30 m)	Média	Convexas	Baixa	Alta	Erosão, Contaminação do N.A., Lama
C	Fm. Corumbataí	Siltitos e Argilitos	Colúvio argilo arenoso de coloração alaranjada a marrom	1m a 6 m	Colinas amplas	Aplainado	Baixa (40 m)	Baixa	Convexas - Concava	Baixa	Alta	Erosão, Suspensão de Partículas Finas Devido a Mineração e Degradação da Paisagem, Pastilhamento, Degradação de feições de Lagoa de Topo
B	Fm. Corumbataí	Siltitos e Argilitos	Solo residual argiloso de cor marrom arroxeado	1m <	Colinas amplas	Aplainado	Baixa (50 m)	Bixa a média	Convexas - Concava	Média	Média	Erosão, Assoreamento dos Recursos Hídricos Devido a Atividade Minerária e Suspensão de Partículas finas, Pastilhamento, Degradação de feições de Lagoa de Topo
A	Fm. Tatuí	Siltitos e arenitos médio a grosso	Colúvio argilo - arenoso e solo arenoso	2m <	Vertente de colinas e Fundo de Vale	-	Baixa (30 m)	Média a Alta	Convexas - Retilneas	Média	Média	Erosão, Pastilhamento da Rocha, Lama e Poeira



unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Câmpus de Rio Claro

Mapeamento Geológico-Geotécnico Preliminar da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Tatu no Município de Cordeirópolis, SP, na Escala de 1:25.000

Apêndice D

Mapa Gelógico-Geotécnico Preliminar

Escala 1:25.000

Projeção: UTM

Datum: SIRGAS 2000

Zona: 23 S

Felipe Correr Junqueira

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro - SP, 2023

