

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À DETERIORAÇÃO DE GEOSÍTIOS NA
REGIÃO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ (SP)

Fernanda Barbosa Bertuluci

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Co-orientador: André de Andrade Kolya

Rio Claro (SP)

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

FERNANDA BARBOSA BERTULUCI

**ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À DETERIORAÇÃO DE
GEOSSÍTIOS NA REGIÃO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ
(SP)**

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 Geóloga.

Rio Claro - SP

2017

550 Bertuluci, Fernanda Barbosa
B552a Análise da vulnerabilidade à deterioração de geossítios na
região da Bacia do Rio Corumbataí (SP) / Fernanda Barbosa
Bertuluci. - Rio Claro, 2017
92 f. : il., figs., tabs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: José Eduardo Zaine
Coorientador: André de Andrade Kolya

1. Geologia. 2. Bacia do Rio Corumbataí. 3. Geossítio. 4.
Geoconservação. I. Título.

FERNANDA BARBOSA BERTULUCI

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À DETERIORAÇÃO DE
GEOSSÍTIOS NA REGIÃO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ
(SP)

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 Geóloga.

Comissão Examinadora

José Eduardo Zaine (orientador)

Rosemarie Rohn Davies

Flávio Henrique Rodrigues

Rio Claro, 29 de novembro de 2016.

Assinatura do (a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Eduardo Zaine, pela orientação durante a realização deste trabalho e, principalmente, pela grande atenção e preocupação que demonstrou com os alunos ao longo da graduação.

Aos demais professores e funcionários da Universidade Estadual Paulista (UNESP) que contribuíram para o meu aprendizado durante esses cinco anos de curso.

Aos colegas de pesquisa de Geoconservação da UNESP, em especial ao grande amigo André Kolya por ser sempre solícito e por toda a ajuda e atenção.

Aos meus pais, Murcia e Fernando, e meu irmão Felipe, pelo amor incondicional e por serem minha base e apoio em todos os momentos de minha vida.

Aos amigos com quem dividi a maravilhosa experiência de cursar geologia, em especial ao Wallace Soares, Luís Gustavo (Varvito), Gabi, Rômulo (Sequóia) e Vanderlei.

Às meninas com quem tive o prazer de morar e que levarei sempre comigo, Mari, Samara e Gabriella Braz (Xunli).

Ao amigo Lucas Defavori, um presente que Rio Claro me deu e que me foi imprescindível nos mais diversos momentos.

E a todos com quem cruzei o caminho durante esse período e que contribuíram, de alguma forma, para a minha evolução.

RESUMO

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí situa-se no contexto estratigráfico da Bacia do Paraná, sendo dotada de um patrimônio geológico rico e diversificado, que inclui feições como cuevas, morros testemunhos, cavernas, quedas d'água, jazigos fossilíferos, além de formações geológicas de abrangência do Carbonífero-Permiano ao Quaternário. Os valores dos elementos da geodiversidade – que podem ser de caráter científico, cultural, estético, turístico, econômico, educativo, dentre outros – respaldam a necessidade de proteger, valorizar e divulgar o patrimônio geológico da região. Nesse sentido, esse trabalho aplica estratégias de geoconservação em cinco geossítios que estão localizados nos municípios de Ipeúna, Rio Claro e Analândia, e que variam quanto à escala de afloramento e conteúdo. Para isso, foram utilizados métodos de avaliação qualitativos e quantitativos visando à caracterização dos geossítios e à análise da vulnerabilidade à deterioração por agentes naturais e/ou antrópicos desses locais. Os resultados obtidos pela avaliação qualitativa revelam o principal conteúdo de valor dos geossítios. Já a avaliação quantitativa permite, a partir do cálculo do risco de degradação, a comparação entre os geossítios e a orientação na escolha de ações prioritárias de proteção. À exceção do geossítio Morro do Cuscuzeiro, todos os demais apresentam alto risco de degradação. Ademais, são sugeridas possíveis medidas para gestão dessas áreas e uso em benefício da sociedade, colaborando para o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chaves: Bacia do Rio Corumbataí. Geossítio. Geoconservação.

ABSTRACT

The Corumbataí River Basin is located in the Paraná Basin stratigraphic context, and is endowed with a rich and diverse geological heritage, including features like slopes, inselbergs, caves, waterfalls, fossiliferous deposits, as well as geologic formations from Carbo-Permian to Quaternary. The values of this geodiversity - which can be scientific, cultural, aesthetic, tourist, economic, educational, among others values - support the need to protect, valorize and disseminate the region's geological heritage. Therefore, this work seeks to apply geoconservation strategies on five geosites that are located in the cities of Ipeúna, Rio Claro and Analândia, and that vary on the scale of outcrop and content. In order to accomplish it, qualitative and quantitative evaluation methods were used to characterize the geosites and to analyze the vulnerability to deterioration by natural and / or anthropic agents of these sites. The results obtained by the qualitative evaluation reveal the main value content of the geosite. On the other hand, the quantitative evaluation allows, based on the calculation of the risk of degradation, the comparison between the geosites and the orientation on the choice of priority protection actions. With the exception of the Morro do Cuscuzeiro geosite, all the others geosites show a high risk of degradation. In addition, possible measures are suggested for the management of these areas and use for the benefit of society, collaborating with the region's sustainable development.

Keywords: Corumbataí River Basin. Geosite. Geoconservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia do Rio Corumbataí e dos geossítios. ...	16
Figura 2 - Esquema apresentando a relação entre os conceitos de geodiversidade, geossítios, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo.	27
Figura 3 - Ilustração e localização dos patrimônios naturais da Bacia do Rio Corumbataí.....	31
Figura 4 - Mapa geomorfológico da Bacia do Corumbataí.	38
Figura 5 - Modelo digital do terreno para a bacia do Rio Corumbataí.	40
Figura 6 - Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio Corumbataí.	41
Figura 7 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região da Bacia do Rio Corumbataí.....	43
Figura 8 - Mapa geológico da região da Bacia do Corumbataí.	48
Figura 9 - Localização e contexto geológico do geossítio Coquina do Distrito Industrial.	54
Figura 10 - (A) Nível de Coquina visto em planta; (B) valvas em detalhe.	55
Figura 11 - Ilustração esquemática da espécie Pinzonella illusa. (A) aspecto interno da valva esquerda com detalhes da musculatura e dentição; (B) aspecto externo da valva esquerda, salientando-se linhas de crescimento bem marcadas.....	56
Figura 12 - Vista panorâmica da região de afloramento da camada de coquina.....	57
Figura 13 - Sulcos e ravinas produtos do processo erosivo instalado na localidade.	59
Figura 14 - Localização e contexto geológico do geossítio Afloramento Pirambóia-Charqueada.....	61
Figura 15 - Afloramento nas margens da rodovia exibindo os arenitos e estratificações cruzadas da Formação Pirambóia.....	62
Figura 16 - Arenito da Formação Pirambóia em detalhe exibindo falhamento do tipo normal. Notar as lâminas de coloração branca deslocadas.	63
Figura 17 - Localização e contexto geológico do geossítio Afloramento das Três Eras.	67

Figura 18 - Vista superior do Afloramento das Três Eras. RC = Formação Rio Claro; P = Formação Pirambóia; C = Formação Corumbataí	68
Figura 19 - Vista da parte superior do Afloramento das Três Eras. RC = Formação Rio Claro; P = Formação Pirambóia; C = Formação Corumbataí.....	71
Figura 20 - Localização e contexto geológico do geossítio Clarkecaris do Taquaral.	72
Figura 21 - Visão geral do afloramento em corte de estrada não-pavimentada.	73
Figura 22 - Clarkecaris brasiliicus. (A) Fotografia e (B) desenho esquemático em vista dorsal.	74
Figura 23 - Localização e contexto geológico do geossítio Morro do Cuscuzeiro. ...	78
Figura 24 - Visão geral do geossítio Morro do Cuscuzeiro.....	79
Figura 25 - (A) Arenito da Formação Botucatu em detalhe; (B) fraturamento da rocha.	80
Figura 26 - Degradação antrópica em arenitos da Formação Botucatu	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização geográfica da Bacia do Rio Corumbataí e dos geossítios. .	15
Quadro 2 - Atividades potencialmente degradantes e seus impactos na geodiversidade.	23
Quadro 3 - Objetivos e medidas de geoconservação para os elementos da geodiversidade.	25
Quadro 4 - Patrimônios naturais da região da Bacia do Corumbataí.	30
Quadro 5 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Coquina do Distrito Industrial.	57
Quadro 6 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Coquina do Distrito Industrial.	58
Quadro 7 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Afloramento Pirambóia-Charqueada.	64
Quadro 8 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do Afloramento Pirambóia-Charqueada.	65
Quadro 9 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Afloramento das Três Eras.	69
Quadro 10 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Afloramento das Três Eras.	70
Quadro 11 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Clarkecaris do Taquaral.	75
Quadro 12 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Clarkecaris do Taquaral.	76
Quadro 13 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Morro do Cuscuzeiro. .	81
Quadro 14 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Morro do Cuscuzeiro.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação de geossítios.	35
Tabela 2 - Peso dos diferentes critérios para cálculo do risco de degradação de geossítios.	36
Tabela 3 - Classificação do risco de degradação (RD) segundo o valor final do cálculo.	36
Tabela 4 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí.	51
Tabela 5 - Características gerais dos municípios da Bacia do Corumbataí.	52
Tabela 6 - Valores de relevância e risco de degradação dos geossítios.	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Apresentação.....	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Área de estudo	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 A interação homem-natureza e as geociências.....	17
2.2 Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação.....	18
2.2.1 Contextualização e conceitos	18
2.2.2 Valores da geodiversidade	20
2.2.3 Ameaças à geodiversidade	21
2.2.4 Estratégias de geoconservação	24
2.2.5 Iniciativas brasileiras de geoconservação	27
2.3 Projeto Geoparque Corumbataí	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 Fase preparatória	32
3.2 Fase de levantamento de dados	33
3.3 Fase de tratamento dos dados.....	33
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
4.1 Aspectos climáticos.....	37
4.2 Contexto geomorfológico.....	37
4.3 Hidrografia	40
4.4 Contexto Geológico	42
4.4.1 Litologia e Estratigrafia	42
4.4.1.1 Grupo Itararé	43
4.4.1.2 Formação Tatuí	44
4.4.1.3 Formação Irati	44
4.4.1.4 Formação Corumbataí.....	45
4.4.1.5 Formação Pirambóia	45

4.4.1.6 Formação Botucatu	46
4.4.1.7 Formação Serra Geral.....	46
4.4.1.8 Formação Itaqueri	46
4.4.1.9 Formação Rio Claro	47
4.4.2 Geologia Estrutural.....	47
4.4 Contexto pedológico.....	49
4.5 Aspectos geotécnicos	49
4.6 Uso e ocupação do solo	50
4.7 Meio socioeconômico.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
5.1 Geossítio Coquina do Distrito Industrial.....	53
5.1.1 Localização	53
5.1.2 Geologia e fisiografia.....	53
5.1.3 Tipologia e valores do geossítio	57
5.2 Geossítio Afloramento Pirambóia-Charqueada.....	60
5.2.1 Localização	60
5.2.2 Geologia e fisiografia.....	60
5.2.3 Tipologia e valores do geossítio	63
5.2.4 Vulnerabilidade à deterioração	64
5.3 Geossítio Afloramento das Três Eras.....	66
5.3.1 Localização	66
5.3.2 Geologia e fisiografia.....	66
5.3.3 Tipologia e valores do geossítio	69
5.3.4 Vulnerabilidade à deterioração	70
5.4 Geossítio Clakercaris do Taquaral	71
5.4.1 Localização	71
5.4.2 Geologia e fisiografia.....	73
5.4.3 Tipologia e valores do geossítio	75
5.4.4 Vulnerabilidade à deterioração	76
5.5 Geossítio Morro do Cuscuzeiro	77

5.5.1 Localização	77
5.5.2 Geologia e fisiografia.....	79
5.5.3 Tipologia e valores do geossítio	80
5.5.4 Vulnerabilidade à deterioração	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
7 REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A partir das últimas décadas do século XX, a relação entre a humanidade e a natureza passou a apresentar perspectivas de mudanças, com a questão ambiental ganhando importância no debate social. Embora a preservação da natureza biótica tenha sido amplamente difundida e priorizada, nos últimos anos notam-se diversos esforços dirigidos à conservação dos elementos abióticos, emergindo conceitos como Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por geodiversidade entende-se a:

[...] natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico. (CPRM, 2016, s/p).

Os valores atribuídos à geodiversidade supracitados justificam não apenas a sua conservação, como também sua divulgação e promoção à sociedade, visto que tal reconhecimento ainda é escasso. Nesse contexto, entra em cena a temática da geoconservação, que, segundo Brilha (2005), pode ser encarada de duas formas: em sentido amplo, buscando a gestão sustentada dos recursos geológicos, e em sentido restrito, almejando a manutenção da integridade dos denominados geossítios, isto é, elementos da geodiversidade que se destacam por sua singularidade e notável valor científico.

Sabe-se que os geossítios apresentam vulnerabilidades e estão sujeitos à deterioração, tanto por agentes naturais, quanto por causas antrópicas (GRAY, 2004). Nesse sentido, é fundamental que se realize uma minuciosa avaliação geológico-geotécnica e o levantamento das principais ameaças em cada geossítio para que sejam adotadas ações visando à preservação de tais locais.

Lima (2008) afirma que a classificação de um geossítio em área legalmente protegida é considerada a melhor forma de conservá-lo. No Brasil, esse respaldo legal é desempenhado pela Lei do Sistema de Unidades de Conservação (SNUC), nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que, dentre outros objetivos, busca proteger feições relevantes

de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural.

Embora a SNUC represente um grande avanço na valorização da geodiversidade, são ainda poucos os geossítios que se encontram classificados e dotados em regime legal no Brasil. Nesses casos, é essencial investir em estratégias de educação ambiental, com o intuito de contribuir para a preservação destes locais.

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí está localizada no contexto estratigráfico da Bacia Sedimentar do Paraná e apresenta uma assembleia natural rica, reunindo geossítios com conteúdo de alto valor espeleológico, estratigráfico, geomorfológico, paleoambiental, paleontológico e sedimentológico (RIBEIRO et al., 2013), valores esses que justificam a abordagem e discussão da geoconservação desses locais.

Somado a isso, sabe-se que, tanto a comunidade geocientífica brasileira, quanto o grande público, ainda pouco estão envolvidos com a temática proposta, deixando importantes elementos da geodiversidade vulneráveis à deterioração.

1.2 Objetivos

Sob a perspectiva apresentada, este trabalho apresenta como objetivo geral contribuir para o estudo da conservação do patrimônio geológico da região da Bacia do Rio Corumbataí.

Como objetivos específicos, busca-se:

- i) Avaliar a vulnerabilidade dos geossítios selecionados frente à deterioração por agentes antrópicos e/ ou naturais;
- ii) Propor medidas para a conservação dos geossítios, de acordo com o nível de vulnerabilidade analisado.

1.3 Área de estudo

A área de estudo localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, na porção centro-oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°04'46"S e 22°41'28"S e os meridianos 47°26'23"W e 47°56'15"W (Fig. 1). A bacia possui uma área de aproximadamente 1.710 km² e abrange totalmente os municípios de Ipeúna

e Santa Gertrudes, e parcialmente os municípios de Rio Claro, Analândia, Itirapina, Corumbataí, Charqueada e Piracicaba. O sistema rodoviário da região, por sua vez, conta com as rodovias Anhanguera (SP 330), Washington Luís (SP 310), Bandeirantes (SP 348), Fausto Santomauro (SP 127) e Wilson Finardi (SP 191).

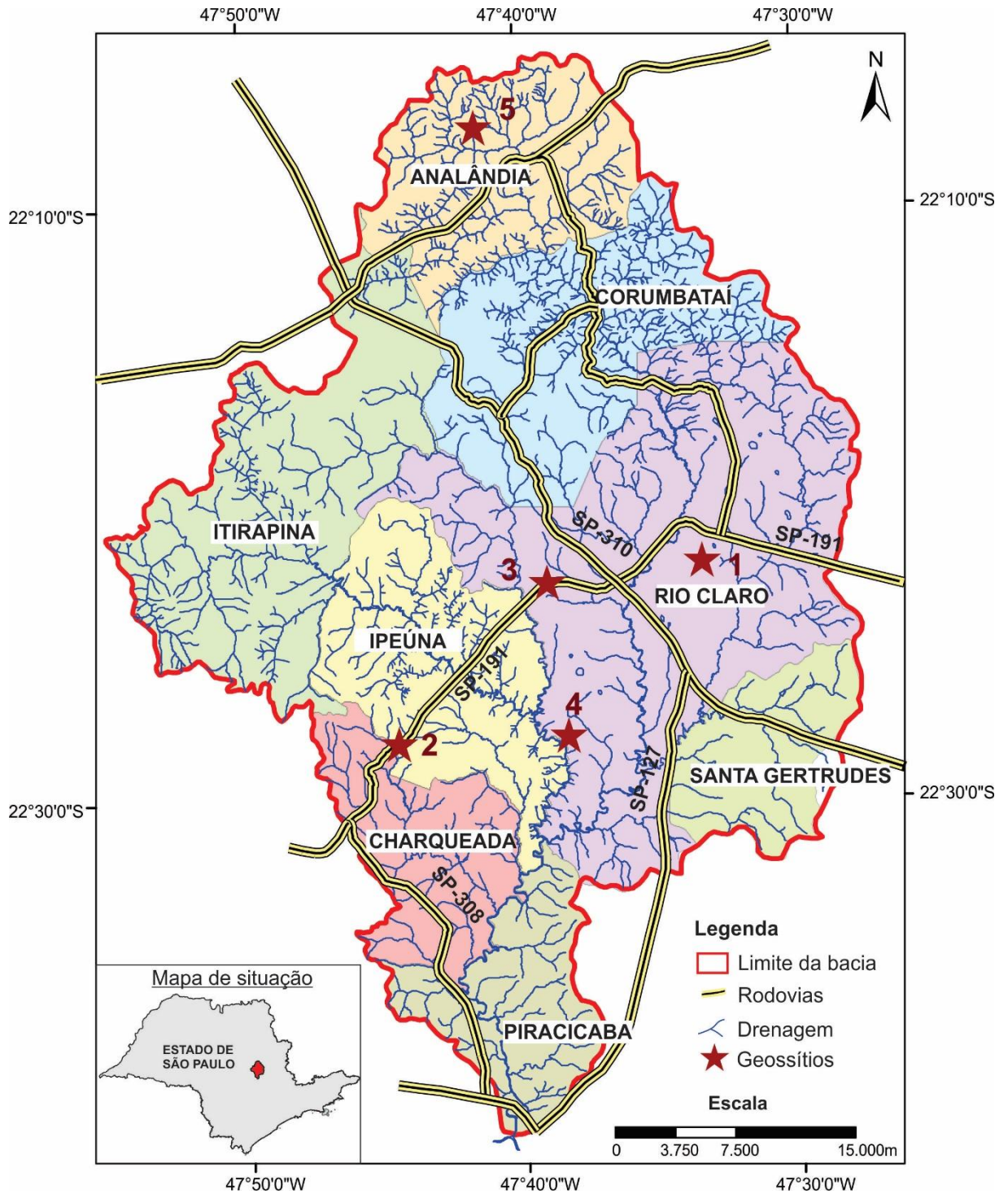
Dentre diversos potenciais geossítios da região da Bacia do Rio Corumbataí, treze foram inventariados e quantificados por Ribeiro et al. (2013). Neste trabalho, foram selecionados quatro desses geossítios (Afloramento Pirambóia-Charqueada, Afloramento das Três Eras, Clakercaris do Taquaral e Morro do Cuscuzeiro), além do geossítio Coquina do Distrito Industrial, inventariado e quantificado por Kolya et al. (2016) (Quadro 1 e Figura 1).

Quadro 1 - Localização geográfica da Bacia do Rio Corumbataí e dos geossítios.

Ponto	Geossítio	Unidade geológica	Coordenadas
1	Coquina do Distrito Industrial	Formações Corumbataí e Rio Claro	Latitude: 22°22'7"S Longitude: 47°33'39"O
2	Afloramento Pirambóia - Charqueada	Formação Pirambóia	Latitude: 22°28'36"S Longitude: 47°44'12"O
3	Afloramento das Três Eras	Formações Corumbataí, Pirambóia e Rio Claro	Latitude: 22°22'56"S Longitude: 47°39'11"O
4	Clakercaris do Taquaral	Formação Irati (Mb. Taquaral)	Latitude: 22°28'16"S Longitude: 47°38'19"O
5	Morro do Cuscuzeiro	Formação Botucatu	Latitude: 22° 7'2"S Longitude: 47°41'34"O

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia do Rio Corumbataí e dos geossítios.



Fonte: Elaborado pela autora.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A literatura científica revela uma multiplicidade de conceitos acerca da geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação. Esse capítulo busca contextualizar o assunto, abordando as definições e o estado da arte de tais temáticas, além de apresentar a região da Bacia do Corumbataí como região de importante geodiversidade.

2.1 A interação homem-natureza e as geociências

As formas como a humanidade compreende e interage com a natureza são bastante variáveis ao longo da história. Meira et al. (2016) pontuam que as necessidades atuais impostas pela lógica capitalista, que comanda os meios de produção de quase a totalidade da sociedade global, fazem com que o homem tenha uma relação muito instável com a natureza. Leff (2007) aborda essa relação e cita que:

A problemática ambiental – a poluição e degradação do meio, a crise de recursos naturais, energéticos e de alimentos – surgiu, nas últimas décadas do século XX, como uma crise de civilização, questionando a racionalidade econômica e tecnológica dominantes (LEFF, 2007, p. 61).

Nos últimos anos, a emergência da questão ambiental no debate social apresenta-se como uma perspectiva de mudança na interação homem-natureza. Nesse sentido, ganha importância o princípio do desenvolvimento sustentável, declarado durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992), e que postula a busca pelo desenvolvimento econômico conciliado à preservação e manutenção dos recursos naturais. No entanto, é correto afirmar que, nessa busca, a natureza foi segmentada, pois muito se aborda sobre os elementos bióticos, enquanto pouco se difunde sobre a relevância dos elementos abióticos enquanto substrato para toda forma de vida (MEIRA et al., 2016).

Atribui-se a essa disparidade, dentre outros fatores, o pouco conhecimento da população em relação a temas referentes às geociências, cuja linguagem técnica dificulta sua acessibilidade ao grande público. Nesse contexto, Carneiro et al. (2004) mencionam que os ensinamentos fundamental e médio no Brasil não apresentam de

maneira satisfatória os conceitos geocientíficos, o que pode explicar a grande dificuldade para a compreensão do funcionamento do planeta. Camargo (1988) sintetiza bem tal conjuntura ao citar que “não podemos preservar o que não conhecemos”.

Desse modo, nota-se que a sociedade entende e se mobiliza na defesa e espécies da flora e fauna, mas apresenta dificuldade em conceber a importância de uma determinada feição geomorfológica, geológica ou pedológica na configuração do habitat dessas (MEIRA et al., 2016).

Faz-se essencial, portanto, que pesquisadores das temáticas da Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação forneçam subsídios para a conscientização da comunidade e aproximação do público com conceitos relativos às Ciências da Terra por meio de medidas de valorização e divulgação dos elementos da geodiversidade.

2.2 Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geoconservação

2.2.1 Contextualização e conceitos

Segundo Gray (2004), o termo “geodiversidade” passou a ser utilizado a partir da década de 1990, por geólogos e geomorfólogos, com a finalidade de descrever a variedade dentro da natureza abiótica. Nesse período, teve destaque a Conferência de Malvern sobre a Conservação Geológica e Paisagística, realizada em 1993, no Reino Unido, e que foi um evento pioneiro a abordar o tema da geodiversidade.

De origem recente, o conceito de geodiversidade não apresenta ainda uma implantação sólida. Diversas definições têm sido propostas desde então, das quais se destacam duas linhas de pensamento principais: uma limita-se aos elementos abióticos, considerando o conjunto de rochas, minerais e fósseis, como exemplificado pela definição de Gray (2004):

Geodiversidade: o arranjo natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de superfície, processos) e de solo. Inclui suas assembleias, relações, propriedades, interpretações e sistemas (GRAY, 2004, p. 8).

A outra variedade busca integrar as comunidades de seres vivos, incluindo as esferas culturais e sociais:

Geodiversidade é o elo entre as pessoas, as paisagens e a cultura; a variedade das características geológicas dos ambientes, fenômenos e processos que formam as paisagens, rochas, minerais, fósseis e solos que constituem o enquadramento para a vida na Terra (STANLEY, 2001).

Segundo Brilha (2005), entende-se por patrimônio geológico o “conjunto de geossítios inventariados e caracterizados numa dada área ou região”. Geossítios, por sua vez, são ocorrências *in situ* de elementos da geodiversidade com grande valor científico e que podem adicionalmente apresentar valor educacional, estético e cultural (BRILHA, 2016). Portanto, o patrimônio geológico configura-se como uma parcela da geodiversidade que apresenta características únicas e que, portanto, deve ser valorizado e conservado. Nesse sentido, Sharples (2002) apresenta o conceito de geoconservação, que tem por objetivo a:

Preservação da diversidade natural (ou geodiversidade), de significativos aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de solo, mantendo a evolução natural (velocidade e intensidade desses aspectos e processos) (SHARPLES, 2002, p. 2).

A geoconservação é encarada, atualmente, sob duas perspectivas. Uma delas é mais abrangente, visando a gestão sustentada dos recursos geológicos e assegurando técnicas de exploração que causem o menor impacto possível no ambiente. Tal abordagem inclui a criação de ações de geoeducação, as quais seriam capazes de interligar os assuntos geocientíficos com a sociedade. A outra perspectiva é mais restrita e visa a conservação, isto é, a manutenção da integridade física das ocorrências dos elementos da geodiversidade que apresentam um valor científico singular. Ambas ações trabalham juntas para a conservação geológica, cada qual com uma escala e um meio para alcançá-la.

Brilha (2005) afirma que, sendo impossível conservar toda a geodiversidade, a geoconservação só deve ser aplicada depois da definição do que deve ser considerado como patrimônio geológico, escolha esta feita por geocientistas a partir do levantamento e quantificação dos valores dos elementos da geodiversidade tratados.

2.2.2 Valores da geodiversidade

Com o intuito de justificar a necessidade de conservar os elementos da geodiversidade, diversos autores discutem acerca de seus valores. Gray (2004) estabeleceu os valores intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e educativo da geodiversidade.

O valor intrínseco é considerado subjetivo e de difícil quantificação, uma vez que está intimamente relacionado a perspectivas filosóficas e religiosas de cada cultura no que tange à relação entre sociedade e natureza (GRAY, 2004). De forma geral, refere-se à concepção de que os elementos da geodiversidade possuem um valor independente do julgamento do homem, isto é, por suas próprias existências e, não necessariamente, pela possibilidade de serem utilizados ou não pelo ser humano.

O valor cultural atribui-se quando há uma ligação forte entre o homem, seu desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico que o rodeia (BRILHA, 2005). Gray (2004) cita como exemplo a presença da geodiversidade nos mais diversos âmbitos culturais: folclórico, arqueológico, histórico e espiritual, além de sua contribuição no sentimento de pertencimento de uma comunidade ao meio em que vive.

O valor estético, embora também subjetivo, é um conceito mais tangível, pois refere-se ao apelo, principalmente visual, fornecido pelo meio físico. Grande parte do deslumbramento do público pelo contato com a natureza está associado a aspectos geológicos e o crescente número de praticantes de atividades de lazer em zonas naturais, assim como o vasto emprego de paisagens naturais em produções artísticas demonstram esse valor da geodiversidade (BRILHA, 2005).

O valor econômico é mais objetivo e refere-se, de forma geral, à utilização de bens minerais metálicos e não-metálicos, dos quais a sociedade é dependente em uma multiplicidade de setores, dentre eles o energético (petróleo, carvão, gás natural), de construção civil (areia, calcários, granitos, argilas, etc.), da obtenção de matéria-prima para a manufatura dos mais diversos produtos, entre outros. Ressalta-se também a importância econômica da água subterrânea para abastecimento e de gemas para comercialização (BRILHA, 2005).

O valor funcional considera o papel de elementos da geodiversidade nos sistemas ambientais físico e biológico, podendo ser encarado de duas formas: pelo valor utilitário *in situ* (como o papel do solo na agricultura, a presença de água

subterrânea em aquíferos, etc.); e pelo valor funcional no fornecimento de substratos essenciais, habitats e processos abióticos que mantêm os sistemas físicos e ecológicos da superfície da Terra (GRAY, 2004).

O valor científico baseia-se no acesso e posterior estudo de amostras representativas da geodiversidade, sendo que esta investigação pode se dar em âmbito fundamental e aplicado (BRILHA, 2005).

O valor educativo, por sua vez, baseia-se no contato direto com a geodiversidade por estudantes de geociências ou mesmo para o público geral, com o intuito compreender os processos naturais, monitorar e controlar o impacto sobre o ambiente

2.2.3 Ameaças à geodiversidade

Existe, para o senso comum, a visão de que a natureza abiótica, representada por montanhas e rochas, é estável, resistente e, portanto, não se apresenta ameaçada. Embora essa ideia se aplique para algumas situações, há elementos da geodiversidade que se mostram tão frágeis e vulneráveis à deterioração quanto a natureza biótica e, portanto, precisam ser protegidos.

Além disso, Gray (2004) pontua que a geoconservação não se trata apenas da proteção física dos elementos de uma paisagem, como rochas, minerais, fósseis e solos, mas também de permitir que os processos dinâmicos e fenômenos geológicos continuem atuando de forma natural.

Diversos autores têm abordado a fragilidade dos elementos da geodiversidade e apontado as distintas ameaças a que estão expostos. Segundo Gray (2004), tais ameaças podem advir de fatores naturais e/ou antrópicos e se dão em diferentes graus e escalas, sendo que uma mesma atividade poderia ter um efeito devastador em uma área e ser menos impactante em outra.

Nesse sentido, ressalta-se que alguns sistemas são capazes de serem reparados em um curto período de tempo, enquanto outras mudanças são irreversíveis, isto é, o elemento “uma vez destruído não se regenera mais e uma parte da memória do planeta é perdida para sempre” (AZEVEDO, 2007).

Segundo Gray (2004), os impactos antrópicos na geodiversidade podem ser dar pela: completa perda de um elemento geológico; perda parcial ou dano físico ao

elemento; perda de visibilidade; perda de acesso; interrupção dos processos e dinâmica naturais; além de poluição material e visual.

Brilha (2005) expõe as principais atividades antrópicas que são potenciais ameaças à geodiversidade e seus respectivos impactos (Quadro 2). Adicionalmente, pode-se citar como ameaças à geodiversidade algumas causas naturais, como processos intempéricos e de dinâmica superficial, terremotos e erupções vulcânicas.

Aqui, cabe ressaltar que, embora identificadas as ameaças, não se visa a erradicação total das mesmas, já que a subsistência humana obriga à utilização da geodiversidade e, em alguns casos, à sua destruição (BRILHA, 2005). Desse modo, faz-se necessária uma discussão, de modo a manter o equilíbrio entre o desenvolvimento da sociedade e a conservação da geodiversidade.

Segundo Mantesso-Neto (2010), tais iniciativas devem ser avaliadas, selecionadas, priorizadas e dosadas, sendo que “esse processo terá sempre uma componente subjetiva, mas existem ferramentas que permitem diminuir o grau de subjetividade da decisão”.

Quadro 2 - Atividades potencialmente degradantes e seus impactos na geodiversidade.

Atividades	Impactos na geodiversidade
Extração mineral	Destruição da paisagem natural e/ou de elementos como fósseis, minerais e estruturas de valor particular; alterações na dinâmica dos processos naturais; contaminação dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos. Cabe citar o aspecto positivo com a exposição de ocorrências geológicas a partir da abertura de frentes de lavra.
Desenvolvimento de obras e estruturas	Perda da exposição de afloramentos; destruição de elementos geológicos; alteração da paisagem e da dinâmica dos processos naturais.
Gestão das bacias hidrográficas	A construção de barragens, diques e canais altera a dinâmica natural dos cursos de água.
Florestamento, desmatamento e agricultura	O crescimento da vegetação pode ocultar os elementos geológicos, diminuindo os valores científicos e pedagógicos da geodiversidade. O desmatamento acelera a erosão dos solos, enquanto a agricultura pode deteriorar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de contribuir para a erosão dos solos.
Atividades militares	A utilização de máquinas pesadas e bombardeios contribuem para o aumento da erosão de solos e formação de crateras; munições abandonadas em terrenos pode ter um impacto negativo na qualidade dos solos e águas superficiais e subterrâneas.
Atividades recreativas e turísticas	O uso de veículos em locais frágeis, como dunas ou zonas montanhosas, pode romper o equilíbrio destas estruturas geológicas; as atividades de escalada podem deteriorar a própria escarpa; visitas à grutas e cavernas podem levar à destruição das estruturas cársticas.
Coleta de amostras para fins não-científicos	Fósseis, minerais e rochas são recursos não renováveis, portanto, a colheita de amostras de forma indiscriminada para comercialização ou coleção, a depender da raridade do elemento, pode extingui-lo do acesso ao público.
Falta de informação/educação ambiental	Perda /dano aos elementos geológicos e desestabilização dos processos naturais devido à ignorância aos valores da geodiversidade, por parte da própria comunidade acadêmica, políticos e público em geral.

Fonte: Compilado de Brilha (2005).

2.2.4 Estratégias de geoconservação

Para a prática da geoconservação em seu sentido restrito, isto é, visando à proteção de ocorrências geológicas de valor singular, é necessário que sejam adotadas estratégias baseadas em metodologias de trabalho e que sistematizem as tarefas no âmbito da conservação do patrimônio geológico (CATANA, 2008).

As estratégias de geoconservação foram apresentadas por Brilha (2005) e são compostas pelas seguintes etapas sequenciais: inventariação, quantificação, classificação, conservação, valorização, divulgação e monitoramento.

A inventariação é o primeiro passo para a definição do patrimônio geológico (PEREIRA, 2010) e consiste no reconhecimento da área de estudo, com levantamento sistematizado e caracterização básica dos geossítios, identificando os elementos representativos da geodiversidade dignos de proteção (LIMA, 2008).

A quantificação visa estabelecer o valor do geossítio, a partir do cálculo de relevância, que deve ser o mais objetivo possível e que integre diversos critérios (PEREIRA, 2006). É através da quantificação que se pode comparar a importância de diferentes geossítios e selecionar quais terão prioridade na geoconservação.

A classificação consiste no enquadramento legal do patrimônio geológico para sua conservação, gestão e monitoramento, compreendendo também a identificação de pessoas ou instituições interessadas em apoiar a conservação do geossítio.

A conservação refere-se à avaliação do risco de degradação e à aplicação de medidas que possam manter a integridade do geossítio, de acordo com o nível de vulnerabilidade encontrado. Gray (2005) argumenta que diferentes elementos da geodiversidade precisam ser protegidos e gerenciados de diferentes formas (Quadro 3). Os elementos geológicos raros, por exemplo, devem ser mantidos conservados, preferencialmente *in situ*, mesmo que para isso seja necessária restrição física, evitando seu uso para fins turísticos. Nestes casos, Brilha (2005) afirma que o recolhimento dos elementos se justifica, caso se encontrem em situações de risco de destruição iminente. Já, elementos mais comuns devem ser divulgados junto ao público e utilizados como forma de educação ambiental.

Quadro 3 - Objetivos e medidas de geoconservação para os elementos da geodiversidade.

Categoria	Ocorrência	Objetivos e medidas de geoconservação
Rocha	Rara	Manter a integridade física do afloramento e retirar amostras para uso científico e exposição.
	Comum	Manter a exposição do elemento e incentivar coleta responsável (não indiscriminada)
Mineral	Rara	Manter a integridade física do afloramento e retirar amostras para uso científico e exposição.
	Comum	Manter a exposição do elemento e incentivar coleta responsável (não indiscriminada)
Fósseis	Rara	Quando possível, preservar <i>in situ</i> . Caso contrário, coletar para uso científico e exposição
	Comum	Incentivar coleta responsável (não indiscriminada)
Formas de relevo	-	Manter a integridade física e restaurar/ incentivar a forma original
Paisagens	-	Manter a topografia, afloramentos rochosos e processos ativos, além de restaurar/incentivar formas originais
Processos	-	Manter e/ ou restaurar a integridade da dinâmica dos processos
Solos	-	Manter a qualidade, quantidade e função do solo
Outros recursos geológicos	-	Estimular o uso sustentável e valorizar esse uso em contextos históricos e modernos

Fonte: Gray (2005).

Com a integridade física do geossítio assegurada, prosseguem-se as etapas de valorização e divulgação. A valorização consiste no fornecimento de informações e meios interpretativos para que o público reconheça sua importância. Já, a divulgação consiste na difusão e ampliação do acesso aos geossítios para a sociedade.

A etapa de monitoramento, por fim, refere-se à gestão do patrimônio geológico. Algumas medidas incluem a caracterização do público visitante e a manutenção da integridade do geossítio ao longo do tempo.

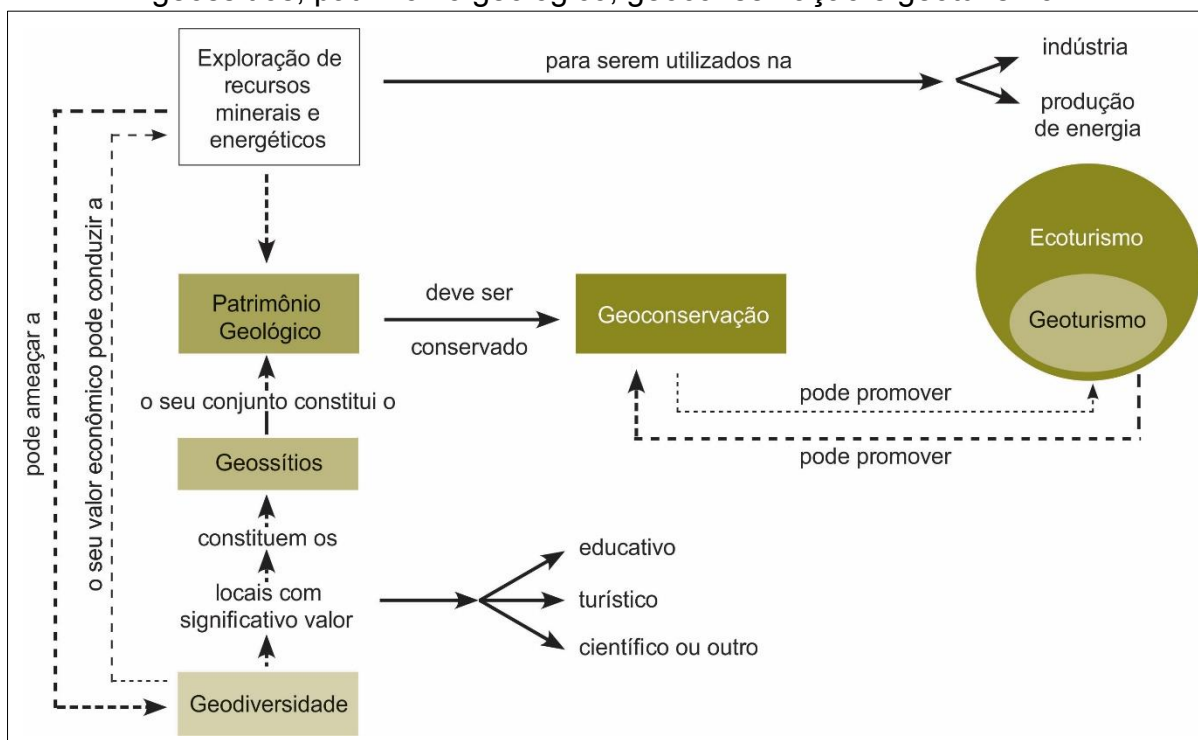
Considerando a geoconservação em seu sentido mais abrangente, por sua vez, os conceitos de geoturismo e geoparque têm emergido como estratégias e alternativas para o alcance de sua finalidade, isto é, a conservação do patrimônio geológico.

O geoturismo é entendido como um segmento da atividade turística que apresenta como principal atrativo o patrimônio geológico e que busca sua proteção por meio da sensibilização do turista, a partir de atividades de interpretação ambiental. Além disso, visa promover a divulgação das Ciências da Terra e o desenvolvimento sustentável das comunidades envolvidas (RUCHKYS, 2007).

Já, o conceito de geoparque, difundido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), a partir de 1997, refere-se a uma área bem definida geograficamente que apresenta um patrimônio geológico singular e onde são implantadas estratégias de desenvolvimento sustentável das comunidades combinado à proteção deste patrimônio (ZOUROS, 2004). Em tais propostas, são incentivados o geoturismo, a pesquisa científica, a educação ambiental e o resgate da cultura e dos costumes locais (GESICKI, SANTUCCI, 2011). Vale ressaltar que um geoparque não é uma unidade de conservação, nem uma nova categoria de área protegida, portanto, não afeta a condição legal da área (SCHOBENHAUS, SILVA, 2010).

A Figura 2 sintetiza as relações existentes entre os conceitos apresentados de geodiversidade, geossítios, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo.

Figura 2 - Esquema apresentando a relação entre os conceitos de geodiversidade, geossítios, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo.



Fonte: Nascimento et al. (2008, p.11).

2.2.5 Iniciativas brasileiras de geoconservação

A abordagem da geoconservação ainda é bastante recente no Brasil. No entanto, nas últimas décadas houve um grande aumento nas iniciativas referentes à valorização e divulgação das geociências como estratégia de conservação do patrimônio geológico (LIMA, 2008).

Uma das primeiras ações nesse sentido foi a criação, pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), do Grupo de Trabalho Nacional de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, em 1993, substituída pela Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), em 1997, e que atua na identificação de sítios geológicos e paleobiológicos com potencial para ingressarem no inventário do patrimônio geológico nacional (RIBEIRO et al., 2013).

Outras iniciativas incluem os projetos Caminhos Geológicos do Rio de Janeiro, Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná, Caminhos Geológicos da Bahia, Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte, Monumentos Geológicos do Estado

de São Paulo, Programa Geocoturismo do Brasil e, recentemente, o inventário sistemático de geossítios do Estado de São Paulo, realizado por Garcia et al. (2017).

Destaca-se também o Projeto Geoparques do Brasil, desenvolvido pela CPRM desde 2006, e que tem por objetivo promover a identificação, descrição, inventário, diagnóstico e divulgação de áreas com potencial para futuros geoparques no país. É importante ressaltar que, embora muitos geoparques sejam propostos em território nacional, apenas o Geoparque Araripe, situado no Ceará, é reconhecido pela UNESCO. Isso porque o selo da Rede Mundial de Geoparques depende de uma série de critérios estabelecidos por diretrizes específicas (ONARY-ALVES et al., 2015).

No que tange ao respaldo legal da conservação do patrimônio geológico, o Brasil apresenta a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, referindo-se à geodiversidade em seu art.04: “proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural”.

As categorias de unidade de conservação do SNUC dividem-se em: unidades de proteção integral, em que são admitidos apenas usos indiretos dos recursos naturais, como atividades ligadas à pesquisas científica, à educação ambiental e ao turismo, com exceção de casos previstos no SNUC; e unidades de uso sustentável, em que se busca compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de seus recursos, sendo permitidas atividades como mineração, pecuária ou agricultura (NASCIMENTO et al, 2008).

Tais unidades de conservação priorizam a classificação e proteção da biodiversidade, sendo que as categorias que melhor se enquadram ao patrimônio geológico são: Parque Nacional, Monumento Natural, Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural (LOPES, ARAUJO, 2011). Nos âmbitos estadual e municipal, a conservação do patrimônio poderá ocorrer de acordo com a lei do local onde está inserido (NASCIMENTO et al, 2008).

Ribeiro et al (2013) citam, para o Estado de São Paulo, a realização de importantes ações diretas e indiretas de preservação de elementos da geodiversidade, como a criação dos Parques Municipais Rocha Moutonnée, no município de Salto-SP, e do Varvito, de Itu, no município de Itu-SP, além da criação de unidades de conservação estaduais, como o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira.

2.3 Projeto Geoparque Corumbataí

O Projeto Geoparque Corumbataí refere-se à proposta de implementação de um geoparque delimitado geograficamente pela Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, que vem sendo discutida desde 2015. O projeto é uma iniciativa concebida em uma parceria entre as Prefeituras dos oito municípios que integram a bacia, a Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Rio Claro, a Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), além de empresas privadas do segmento turístico existentes nos municípios.

Na visão dos organizadores e responsáveis pela proposta, a implementação do geoparque e a prática de atividades voltadas ao turismo geológico e ecológico contribuirão para a proteção dos recursos hídricos e meio ambiente da região, assim como poderão incentivar o desenvolvimento sustentável aliado à preservação do patrimônio cultural e histórico dos municípios.

Cabe ressaltar a região da Bacia do Rio Corumbataí como de importante e singular geodiversidade, reunindo sítios com conteúdo de alto valor espeleológico, estratigráfico, geomorfológico, paleoambiental, paleontológico e sedimentológico (Quadro 4 e Figura 3). Nesse sentido, diversas iniciativas têm contribuído para o levantamento desse patrimônio, como o projeto Monumentos Geológicos da Região de Rio Claro (SP), desenvolvido por pesquisadores do Instituto Geológico (IG-SMA), UNESP e IF/SMA e atuante desde 2006; trabalhos realizados pelo Grupo Espeleológico de Rio Claro (EGRIC) nas cavernas da região, além dos estudos de Simões e Fittipaldi (1988), Zaine e Perinotto (1996), Zaine, M.F. e Zaine, J. E. (2009), e Ribeiro et al. (2013), que contribuíram para a inventariação dos valores da geodiversidade.

Quadro 4 - Patrimônios naturais da região da Bacia do Corumbataí.

Monumentos/Feições	Nome/ Ocorrência
Cuestas	- Serra de Itaqueri - Serra de Santana (dos Padres) - Serra do Cuscuzeiro
Morros testemunhos	- Morro do Bizigueli - Morro da Guarita - Morro do Pelado - Morro do Baú - Morro do Camelo - Morro do Cuscuzeiro - Morro Grande
Cavernas	- Gruta do Fazendão - Gruta Boca do Sapo - Gruta Abrigo da Glória - Gruta da Toca - Gruta do Retiro - Caverna do Fazendão/Cantagalo
Recursos Hídricos	- Rio Corumbataí - Ribeirão Claro
Quedas d'água	- Analândia (Serra do Itaqueri) - Wiechman e Altarugio (Rio Cabeça) - Usina da CESP (Rio Corumbataí)
Formações geológicas de interesse econômico	- Formação Corumbataí (Indústria cerâmica) - Formação Pirambóia (Areia industrial) - Formação Rio Claro (Areia industrial)
Jazigos fossilíferos	- Formação Irati - Formação Corumbataí - Formação Pirambóia
Sítios arqueológicos	- Sítio Urbano de Rio Claro - Sítio Serra d'Água/Boer
Cobertura vegetal	- Fazenda São José (Mata Atlântica) - Matas ciliares - Remanescentes de cerrado

Fonte: Ribeiro et al. (2013), adaptado de Zaine & Perinotto (1996).

Figura 3 - Ilustração e localização dos patrimônios naturais da Bacia do Rio Corumbataí.



Fonte: Zaine, M.F e Zaine, J. E. (2009, p. 255).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho busca-se aplicar, junto à caracterização dos geossítios selecionados, a avaliação da vulnerabilidade de degradação ou perda por causas naturais e/ou antrópicas desses locais. Para isso, adotou-se um método de trabalho que pode ser dividido em três fases: preparatória, levantamento de dados e tratamento de dados.

3.1 Fase preparatória

A etapa inicial preparatória consistiu no levantamento bibliográfico a embasar o arcabouço teórico da pesquisa, possibilitando a definição dos objetivos, justificativas e métodos de trabalho. A revisão bibliográfica foi focada na caracterização do meio físico da região da Bacia do Rio Corumbataí e nas temáticas da geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação. O material utilizado foi organizado a partir da ferramenta de banco de dados do *software Mendeley Desktop 1.14* e constitui-se de livros, teses, dissertações, artigos de periódicos e mapas de caracterização da área de estudo. As principais bases de dados consultadas para o levantamento bibliográfico foram o Portal de Periódicos da Capes, o *Google Acadêmico*, as bibliotecas digitais de teses e dissertações de universidades brasileiras e o Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí.

Nessa fase foi organizado o material cartográfico abrangendo os geossítios selecionados, extraído do levantamento topográfico do IGC em escala 1:10.000. Foram utilizadas as folhas Bairro da Cabeça (064/089), Ipeúna (065/088), Bairro Santo Inácio (066/089), Bairro Cachoeirinha (063/091), Bairro Ponte Nova (065/089) e Serra da Estrela (057/088).

Realizou-se também a preparação para a etapa de levantamento campo, com o planejamento dos locais visitados a partir de imagens de satélite do *software Google Earth*, e da confecção de fichas de descrição contendo as informações necessárias para as análises pretendidas nas fases seguintes.

3.2 Fase de levantamento de dados

Essa etapa constitui-se da obtenção de informações detalhadas acerca dos geossítios selecionados e foi realizada através de trabalhos de campo nas localidades e da consulta de imagens de satélite e bibliografia. A coleta dos dados baseou-se na ficha criada pela Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico (PROGEO), buscando-se as seguintes informações:

- Localização: obtenção das coordenadas geográficas do geossítio, caracterização da circunvizinhança, verificação sobre a dificuldade, as formas e o controle de acesso ao local;
- Geologia e fisiografia: identificação e caracterização do elemento da geodiversidade de interesse, descrição do contexto geológico (litologias e estruturas), pedológico, geomorfológico, hidrográfico e de cobertura da superfície do geossítio;
- Tipologia e valores do geossítio: identificação do tipo de interesse do geossítio (geomorfológico, paleontológico, estratigráfico, tectônico, hidrogeológico, geotécnico, mineralógico, geoquímico, petrológico, geofísico, mineiro e/ou para museus e coleções) e de seu uso potencial (turístico, educativo, científico, econômico);
- Vulnerabilidade à deterioração: obtenção de informações acerca da situação administrativa e estatuto do local e levantamento das principais ameaças à degradação do geossítio.

3.3 Fase de tratamento dos dados

Consiste na: (i) integração dos dados de caracterização geral do geossítio com descrição e confecção de mapas e seções geológicas; (ii) realização de diagnóstico da vulnerabilidade à deterioração dos geossítios analisados, através do cálculo do risco de degradação (RD) e da discussão das principais ameaças levantadas durante a fase anterior; e (iii) realização de um prognóstico, de modo a manter a integridade física do elemento geológico de valor singular, a partir da proposição de medidas de conservação.

Para o cálculo do risco de degradação, foi aplicado o método quantitativo de Brilha (2016), baseado em cinco critérios: (A) deterioração dos elementos geológicos; (B) proximidade a áreas/ atividades com potencial de degradação; (C) proteção legal; (D) acessibilidade; (E) densidade populacional.

A deterioração dos elementos geológicos relaciona-se à possibilidade de perda dos elementos geológicos em um geossítio devido a fatores como: sua fragilidade intrínseca (tamanho dos elementos geológicos, facilidade de obtenção de amostras, resistência da rocha, etc.), suscetibilidade aos processos de dinâmica superficial (erosão, movimentos de massa, inundação, assoreamento) e vulnerabilidade a ações antrópicas, como agricultura, desenvolvimento urbano, vandalismo, etc;

As áreas/atividades com potencial de degradação dos geossítios incluem minerações, instalações industriais, áreas recreacionais, rodovias e áreas urbanas.

O critério de proteção legal refere-se à localização do geossítio em uma área com algum tipo de proteção legal, direta ou indireta e/ ou com controle de acesso, isto é, obstáculos, restrições pelo proprietário, porteiros, etc;

A acessibilidade está relacionada com as condições do acesso ao geossítio pelo público geral. Neste caso, um geossítio com fácil acesso é mais propenso a ser degradado do que aqueles com acessibilidade dificultada;

A densidade populacional refere-se ao número de indivíduos que vivem perto do geossítio e que apresentam potencial de degradação, devido ao uso inapropriado do mesmo.

Os critérios estão explicitados na Tabela 1 e a cada um é conferido um valor, que varia de 1 a 4 pontos, a depender do contexto do geossítio. O cálculo do risco de degradação consiste na média ponderada dos valores atribuídos a cada critério, sendo que os pesos dos diferentes critérios foram adotados de acordo com Brilha (2016) e estão representados na Tabela 2.

A partir dos resultados, pode-se classificar o risco de deterioração em: baixo, médio e alto (Tabela 3).

Tabela 1 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação de geossítios.

Risco de degradação	
Critérios	Parâmetros
A. Deterioração dos elementos geológicos	
Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos	4 pontos
Possibilidade de deterioração da maioria dos elementos geológicos	3 pontos
Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários	2 pontos
Menor possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários	1 ponto
B. Proximidade a áreas/atividades com potencial de degradação	
Sítio localizado a menos de 50 m da área/atividade	4 pontos
Sítio localizado a menos de 200 m da área/atividade	3 pontos
Sítio localizado a menos de 500 m da área/atividade	2 pontos
Sítio localizado a menos de 1 km da área/atividade	1 ponto
C. Proteção legal	
Sítio localizado em área sem proteção legal e sem controle de acesso	4 pontos
Sítio localizado em área sem proteção legal mas com controle de acesso	3 pontos
Sítio localizado em área com proteção legal mas sem controle de acesso	2 pontos
Sítio localizado em área com proteção legal e com controle de acesso	1 ponto
D. Acessibilidade	
Sítio localizado a menos de 100 m de rua pavimentada e com ponto de ônibus	4 pontos
Sítio localizado a menos de 500 m de rua pavimentada	3 pontos
Sítio acessível através de estrada de terra	2 pontos
Sítio sem acesso direto através de estrada localizado a menos de 1km de rodovia	1 ponto
E. Densidade Populacional	
Sítio localizado em município com mais de 1000 hab/km ²	4 pontos
Sítio localizado em município com 250 - 1000 hab/km ²	3 pontos
Sítio localizado em município com 100 - 250 hab/km ²	2 pontos
Sítio localizado em município com menos de 100 hab/km ²	1 ponto

Fonte: Brilha (2016, p. 131).

Tabela 2 - Peso dos diferentes critérios para cálculo do risco de degradação de geossítios.

Risco de degradação	
Crítérios	Peso
A. Deterioração dos elementos geológicos	35
B. Proximidade a áreas/atividades com potencial de degradação	20
C. Proteção legal	20
D. Acessibilidade	15
E. Densidade Populacional	10
Total	100

Fonte: Brilha (2016, p. 131).

Tabela 3 - Classificação do risco de degradação (RD) segundo o valor final do cálculo.

Valor total	Classificação do RD
< 200	Baixo
201 - 300	Médio
>301	Alto

Fonte: Brilha (2016, p. 131)

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Aspectos climáticos

O clima da região da Bacia do Corumbataí é classificado, segundo Koppen (1948), como Cwa, subtropical, seco no inverno e chuvoso no verão com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

As temperaturas mais altas ocorrem no período de dezembro a março e as mais baixas entre junho e julho (SALATI, 1996). Segundo Brino (1973), as temperaturas médias anuais variam entre 18,1°C e 20,9°C. No mês de janeiro, a variação se verifica entre as médias de 20°C e 23,7°C, enquanto em julho, as médias distribuem-se entre 14,9°C e 17,1°C.

O regime de chuvas é tropical e com duas estações bem definidas: uma seca no período de março a setembro e uma chuvosa, no período de outubro a fevereiro e que representa mais de 80% da precipitação anual (TROPMAIR; MACHADO, 1974).

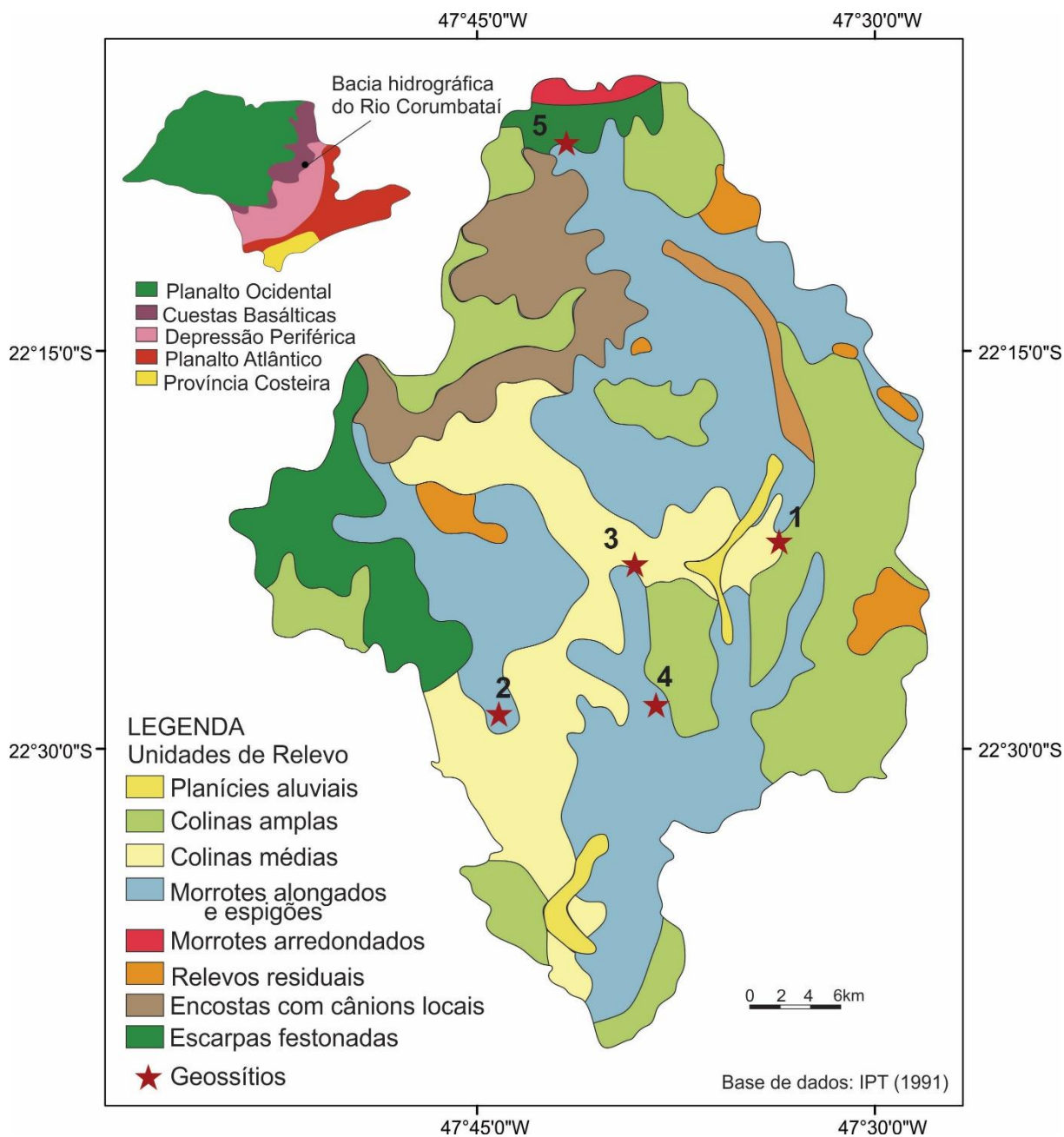
Segundo Silva (2000), a média de precipitação na Bacia do Corumbataí durante o ano é de 1.500 mm, sendo que na porção norte e central as chuvas são superiores à média, atingindo até 1.700 mm. Já nas regiões leste e oeste da região os valores médios estão em torno de 1.400 mm e ao sul ocorrem os menores valores médios de 1.300 mm.

Os ventos são moderados, apresentando uma velocidade média de 190 km/dia, e de direção predominante E-SE (KOFFLER, 1993).

4.2 Contexto geomorfológico

A Bacia do Corumbataí abrange três das grandes cinco províncias geomorfológicas do Estado de São Paulo, subdivididas por Almeida (1964): Depressão Periférica, mais especificamente a zona do Médio Tietê, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental Paulista (Figura 4).

Figura 4 - Mapa geomorfológico da Bacia do Corumbataí.



Fonte: Modificado de Zaine, M.F. e Zaine, J. E. (2009)

A Depressão Periférica ocupa a maior parte da bacia e, segundo Ross (1990), mostra-se esculpida nos sedimentos paleo-mesozoicos da Bacia do Paraná, apresentando altitudes que variam entre 550 a 650 metros ao nível das várzeas estreitas e 600 a 650 metros, correspondendo aos interflúvios tabuliformes. As altitudes maiores margeiam, a oeste, as escarpas da frente das cuestas, as quais se sustentam, principalmente, por derrames basálticos. A leste, é bordejada pela província Planalto Atlântico.

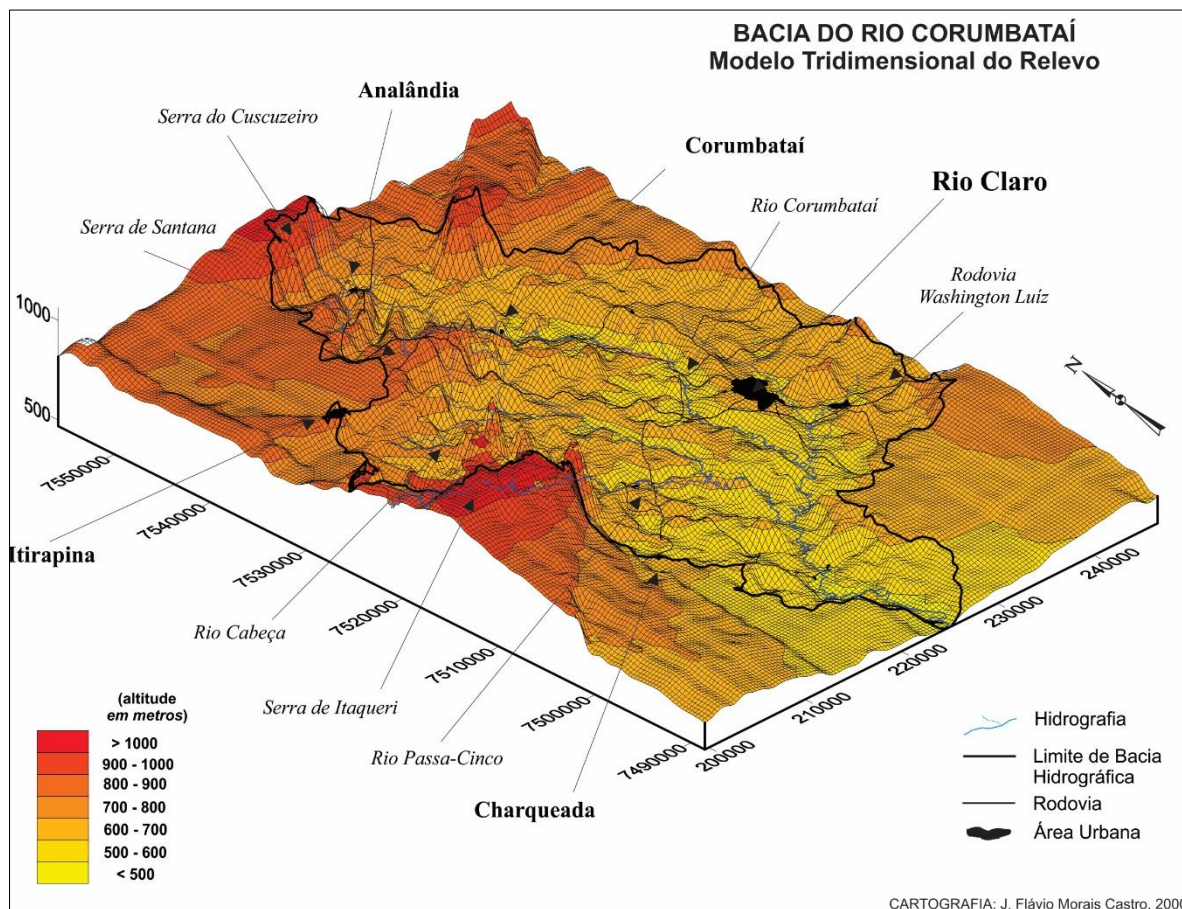
Na Zona do Médio Tietê, Almeida (1964) descreve um suave mergulho das camadas para noroeste, o que gera saliências topográficas nas litologias mais resistentes à erosão. O relevo é pouco acidentado, predominando colinas baixas, de formas suavizadas, com desníveis raramente ultrapassando 200 metros. Algumas feições se destacam na forma de morros testemunhos, morros sustentados por espessas soleiras de rocha básica e pela depressão topográfica do Alto Estrutural de Pitanga.

As cuevas arenito-basálticas situam-se no divisor noroeste da bacia, onde aflora o Aquífero Guarani e as nascentes dos principais rios da região. O desnível apresentado entre a Depressão Periférica e os alinhamentos das escarpas está entre 200 e 300 metros e recebe as denominações: Serra do Atalaia, Morro Grande, Serra do Cuscuzeiro, Serra de Santana, Serra de Itaqueri e Serra de São Pedro, niveladas entre as altitudes de 800 e 1.000 metros (COTTAS, 1983).

Uma pequena porção oeste da bacia pertence ao compartimento Planalto Ocidental Paulista, situado a montante das cuevas, onde ocorre a recarga hídrica do Aquífero Guarani.

A paisagem da região de estudo, de forma geral, é classificada como monótona, com predominância de extensas áreas suavemente onduladas, interrompidas por escarpas arenítico-basálticas e cortadas pela rede hidrográfica com padrão dendrítico (VIADANNA, 1985) (Figura 5).

Figura 5 - Modelo digital do terreno para a bacia do Rio Corumbataí.



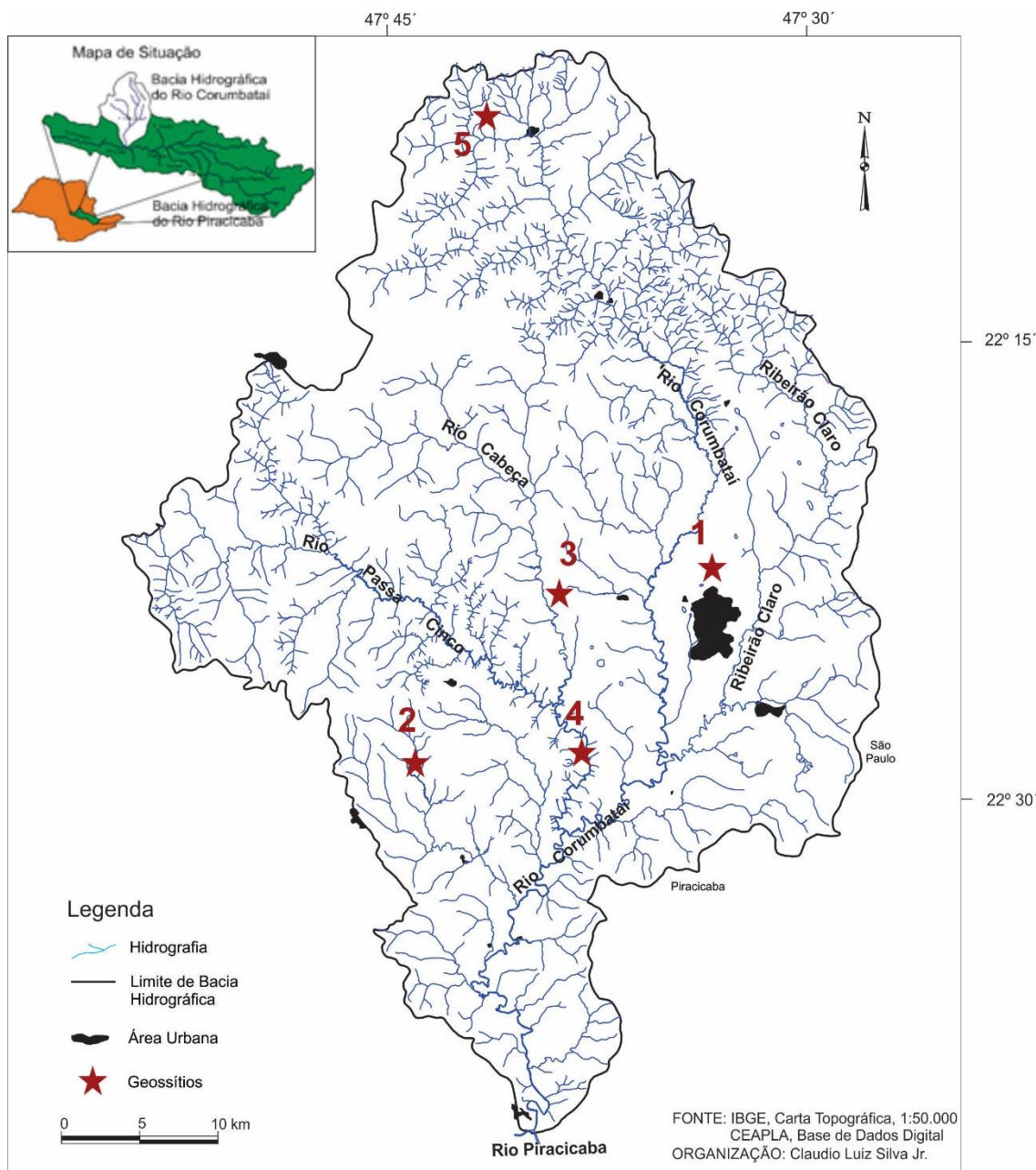
Fonte: CEAPLA (2004).

4.3 Hidrografia

A Bacia do Rio Corumbataí pertence à Bacia do Rio Piracicaba, que faz parte do grupo das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 5 – PCJ) do Estado de São Paulo, conforme o DAEE/SP. Sua rede de drenagem é composta por quatro rios principais: Rio Corumbataí e seus afluentes Rio Passa Cinco, Rio Cabeça e Ribeirão Claro (Figura 6).

O Rio Corumbataí nasce na denominada Serra de Santana, no município de Analândia, com altitude em torno de 850 metros, desembocando no município de Piracicaba, na cota de 470 metros. Possui uma extensão de aproximadamente 120 km, sendo que a vazão de água é de cerca de 10 m³/s na época da seca e de 120 m³/s na época das cheias (TROPMAIR, 1992).

Figura 6 - Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio Corumbataí.



Fonte: CEAPLA (2004).

O Ribeirão Claro nasce no município de Corumbataí, com orientação NW-SE, na porção leste da bacia e corre contornando o setor leste da área urbana de Rio Claro no sentido NNE-SSW até desaguar no Rio Corumbataí. Seus principais tributários são os córregos Cachoeirinha, Lavapés, Ibitinga e Santo Antônio.

O Rio Passa Cinco nasce no município de Itirapina, na porção oeste da bacia, passa por Ipeúna e possui como principais afluentes os ribeirões João Pinto e dos Sinos e Córrego da Lapa na margem direita, e pela margem esquerda, o Rio Cabeça,

que apresenta cachoeiras, quedas e corredeiras em alguns trechos (ZAINÉ, 2000).

A rede de drenagem na margem direita da bacia é mais densa e extensa, apresentando padrão dendrítico, enquanto na margem esquerda apresenta um padrão mais alongado e correm de forma paralela ao principal da bacia, o Corumbataí. Essa configuração está relacionada aos controles tectônicos devido às condições litoestruturais e geomorfológicas da área (SILVA, 2000), seguindo as orientações principais E-W (rio Piracicaba), N-S (Rio Cabeça e partes do Rio Corumbataí) e NW-SE (Rio Passa Cinco).

4.4 Contexto Geológico

A área de estudo situa-se, geologicamente, na borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, a qual compreende uma extensa porção do continente sul-americano, cobrindo cerca de 1,5 milhão de km². A bacia mostra-se preenchida com espessura máxima de 7.000 metros de rochas sedimentares e vulcânicas cujas idades variam entre o Siluriano e o Cretáceo e, localmente, por rochas sedimentares cenozoicas (MILANI et al., 2007).

4.4.1 Litologia e Estratigrafia

As unidades encontradas na região da Bacia do Rio Corumbataí possuem abrangência carbo-permiana (Grupo Itararé) a quaternária (Formação Rio Claro), conforme pode ser observado na coluna estratigráfica da Figura 7.

Figura 7 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região da Bacia do Rio Corumbataí.

ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO	
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	arenitos pouco consolidados com lentes de argilas e níveis conglomeráticos na base (Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)	Continental: Planície aluvial e lacustre. Coluviões	
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	arenitos conglomeráticos e arenitos silicificados / ferricretes	Continental: Leques aluviais, Fluvial e lacustre	
MESOZÓICA	CRETÁCEO	SÃO BENTO	SERRA GERAL		100	derrames de basaltos com lentes de arenito na base. Diques e soleiras de diabásio (Basalto e diabásio = matéria-prima para brita)	Magmatismo Fissural	
			BOTUCATU		100	arenitos bem selecionados com grãos bem arredondados e bem esféricos, pouca argila	Continental: Desértico	
	JURÁSSICO		TRIÁSSICO	PIRAMBÓIA		150	arenitos com grãos arredondados e esféricos. Diversos níveis de laminites	Continental: Fluvial e Desértico
				CORUMBATAÍ		100	siltitos contendo lentes de arenitos finos argilitos, siltitos, arenitos finos, níveis de calcários dolomíticos e coquinas (Argilitos = matéria-prima para a indústria cerâmica da região de Rio Claro)	Continental: Lacustre Transicional: Planície de Maré
PALEOZÓICA	PERMIANO	PASSA DOIS	IRATI		40	folhelhos, siltitos, folhelhos pirobetuminosos, calcários dolomíticos (pedreiras de calcário na região de Assistência, Ipeúna e Piracicaba/Saltinho)	Transicional: Laguna Marinho Raso: Plataforma	
			TATUÍ		50	siltitos e siltitos arenosos	Transicional: Planície Costeira Marinho Raso: Plataforma	
		CARBONIFERO	ITARARÉ	Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	arenitos, siltitos, varvitos e diamictitos (alguns verdadeiros tilitos) (Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)	Continental (Glacial): Aluvial - Leques e Fluvial; Lacustre Transicional: Deltas Marinho (glácio-marinho): Plataformal
				EMBASAMENTO			granitos, migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos	

Fonte: Perinotto et al. (2008), modificado de Soares e Landim (1975).

4.4.1.1 Grupo Itararé

O Grupo Itararé, no Estado de São Paulo, é indiviso (SCHNEIDER, 1974) e caracteriza-se por uma sucessão sedimentar neocarbonífera-eopermiana, com espessura de 900 metros na região de estudo, aflorando no fundo dos vales dos rios Corumbataí, Passa Cinco e a sudeste de Ipeúna (Figura 8). Litologicamente, compreende argilitos, siltitos, arenitos, conglomerados, diamictitos e folhelhos.

Os principais ambientes deposicionais são, segundo Washburne (1930): glácio-marinho plataformal, deltas, lagos, leque aluvial e fluvial. O contato com a Formação

Tatuí, sobrejacente, é marcado por desconformidade basal expressiva que diferencia o ciclo glacial do pós-glacial (SOARES, 1972). Os principais fósseis encontrados são: palinórfos (LONGHIM et al., 2003), licófitas, esfenófitas (MILLAN, 1981), coniferófitas (MUNE et al., 2001), pteridospermófitas (ZAMPIROLI et al., 1999), foraminíferos (LIMA et al., 1976) e crustáceos (SOFICIER-BADARÓ et al., 2010).

4.4.1.2 Formação Tatuí

A Formação Tatuí, de idade eopermiana (GORDON JR., 1947), apresenta uma espessura média de 50 metros na área da Bacia do Corumbataí, aflorando, principalmente, na região de Ipeúna, no baixo vale dos rios Corumbataí, Passa Cinco e Cabeça (Figura 8).

É caracterizada, litologicamente, por lamitos, siltitos, arenitos e calcários. Segundo Fulfaro et al. (1982), os ambientes de deposição dos sedimentos são representados por plataforma marinha, sistema costeiro e, localmente, sistema de leques deltaicos. O contato entre as formações Tatuí e Irati é erosivo discordante, marcado por delgados níveis (1 a 20 cm) de ortoconglomerados, de expressão regional, ricos em grânulos e seixos de sílex e de bioclastos (RAGONHA 1978).

Os principais fósseis encontrados são: pterófitas (CHAUD; PETRI, 2009), petalodontiformes (dentes) e xenacantiformes (espinhos cefálicos e dentes) (CHAUD; FAIRCHILD, 2002).

4.4.1.3 Formação Irati

A Formação Irati exhibe as principais exposições localizadas nas proximidades do Distrito de Assistência, a sul de Rio Claro, e de Ipeúna (Figura 8). A unidade é dividida em: (I) Membro Taquaral, constituído por siltitos cinza e folhelhos e (II) Membro Assistência, composto por folhelhos escuros pirobetuminosos e calcários (BARBOSA, ALMEIDA, 1948). O Membro Taquaral, de idade permiana (DAEMON, QUADROS, 1970), foi depositado em ambiente marinho abaixo do nível de ondas, sendo seu contato com o Membro Assistência concordante (SCHNEIDER et al., 1974). Seus principais fósseis são restos de peixes, crustáceos do gênero *Clarkecaris* e da flora *Dadoxylon*.

O Membro Assistência, do Permiano Superior (DAEMON, QUADROS, 1970), também se associa a ambientes marinhos de águas rasas, porém mais restritos. A espessura média da Formação Irati é de 40 metros (Mb. Taquaral de 10 a 20 metros; Mb. Assistência, 30 metros).

Os fósseis marcantes são os répteis mesossaurídeos *Mesosaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*.

4.4.1.4 Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí ocorre de forma extensa pelo vale do Rio Corumbataí (Figura 8), atingindo em torno de 100 metros de espessura na região de estudo. Segundo Schneider et al. (1974), o contato inferior com a Formação Irati é concordante, enquanto o contato superior com a Formação Piramboia é discordante. É composta de argilitos, folhelhos e siltitos de cores escuro-acinzentados com intercalações carbonáticas e camadas de arenitos muito finos. Seu ambiente deposicional é tido como de ambientes costeiros influenciados por tempestades (ROHN, LAVINA, 1993).

Com relação aos fósseis, predominam bivalves, ostracodes, palinomorfos, restos de peixes e de vegetais (SCHNEIDER et al., 1974).

4.4.1.5 Formação Piramboia

A Formação Piramboia alcança, na região de estudo, aproximadamente 150 metros de espessura, aflorando nas regiões de Rio Claro, Ipeúna, Corumbataí e em larga faixa acompanhando o sopé das serras (Figura 8). De idade triássica, exhibe contato com a Formação Botucatu do tipo discordante (VIEIRA, MAINGUÉ, 1972) e é caracterizada, litologicamente, por arenitos finos e médios com níveis conglomeráticos, de cores avermelhadas e amareladas, além de estratificações cruzadas de porte variado.

O paleoambiente da Formação Piramboia é continental, desértico e fluvial, formado por sistemas eólicos úmidos, constituídos por abundantes campos de dunas, interdunas úmidas (ASSINE et al., 2004) e amplos lençóis de areia (BRIGHETTI e CAETANO-CHANG, 1995), entrecortados por rios entrelaçados. Em relação ao

registro fóssil, na Formação Piramboia aparecem conchostráceos, ostracodes e restos vegetais (SCHNEIDER et al., 1974).

4.4.1.6 Formação Botucatu

A Formação Botucatu constitui-se de arenitos finos a médios, bem selecionados e bem arredondados, com marcantes estratificações cruzadas e plano-paralelas, geralmente de grande porte. Ocorre de forma característica na região de Analândia, nas serras de Santana, Itaqueri e Cuscuzeiro (Figura 8), com espessura em torno de 100 metros, constituindo as feições geomorfológicas dos morros testemunhos.

O ambiente deposicional da unidade é desértico, com contribuição, na parte basal, de sedimentação fluvial. (SCHNEIDER et al., 1974).

4.4.1.7 Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral, marcante na região de Analândia e em toda a borda da Depressão Periférica Paulista em seus limites com o Planalto Ocidental (Figura 8), é caracterizada por derrames de lavas basálticas toleíticas, de idade eocretácica.

Os sills ocorrem, majoritariamente, nos estratos paleozoicos da bacia, sobretudo na Formação Irati e no Grupo Itararé (MARQUES, ERNESTO, 2004).

Em geral, as soleiras mergulham de 1 a 2° para oeste, exceto quando afetadas por falhamentos, e são condicionadas por fatores estratigráficos e tectônicos. Os diques, por sua vez, são especialmente abundantes na parte nordeste da Bacia do Paraná, inclusive próximo ao Domo de Pitanga (SOARES, 1974).

4.4.1.8 Formação Itaqueri

A Formação Itaqueri, de idade paleocênica-eocênica (RICCOMINI, 1997), ocorre, principalmente, nas serras de Itaqueri e São Pedro (Figura 8). A unidade é caracterizada por arenitos e conglomerados, com marcante silicificação e estratificações cruzadas. Seu ambiente de sedimentação está relacionado a leques aluviais em condições de média a alta energia.

4.4.1.9 Formação Rio Claro

A Formação Rio Claro foi reconhecida, segundo Melo (1995), na área do platô de Rio Claro, onde apresenta-se de forma mais contínua, e na borda leste da Depressão Periférica, em que aparece de forma descontínua (Fig. 8). É descrita por Schneider et al. (1974) como depósitos neo-cenozoicos de arenitos arcosianos mal consolidados, com intercalação de arenitos conglomeráticos e sedimentos argilosos avermelhados, com espessura máxima de 40 metros.

Apresenta relações discordantes com as rochas do embasamento e as demais formações da Bacia do Paraná. As litofácies, reconhecidas e descritas por Melo (1995), indicam um ambiente deposicional fluvial meandrante.

O conteúdo fossilífero é constituído, essencialmente, de restos vegetais muitas vezes indeterminado, oogônios de carófitas e impressões atribuídas a angiospermas e pteridófitas (ZAINÉ, 1994).

4.4.2 Geologia Estrutural

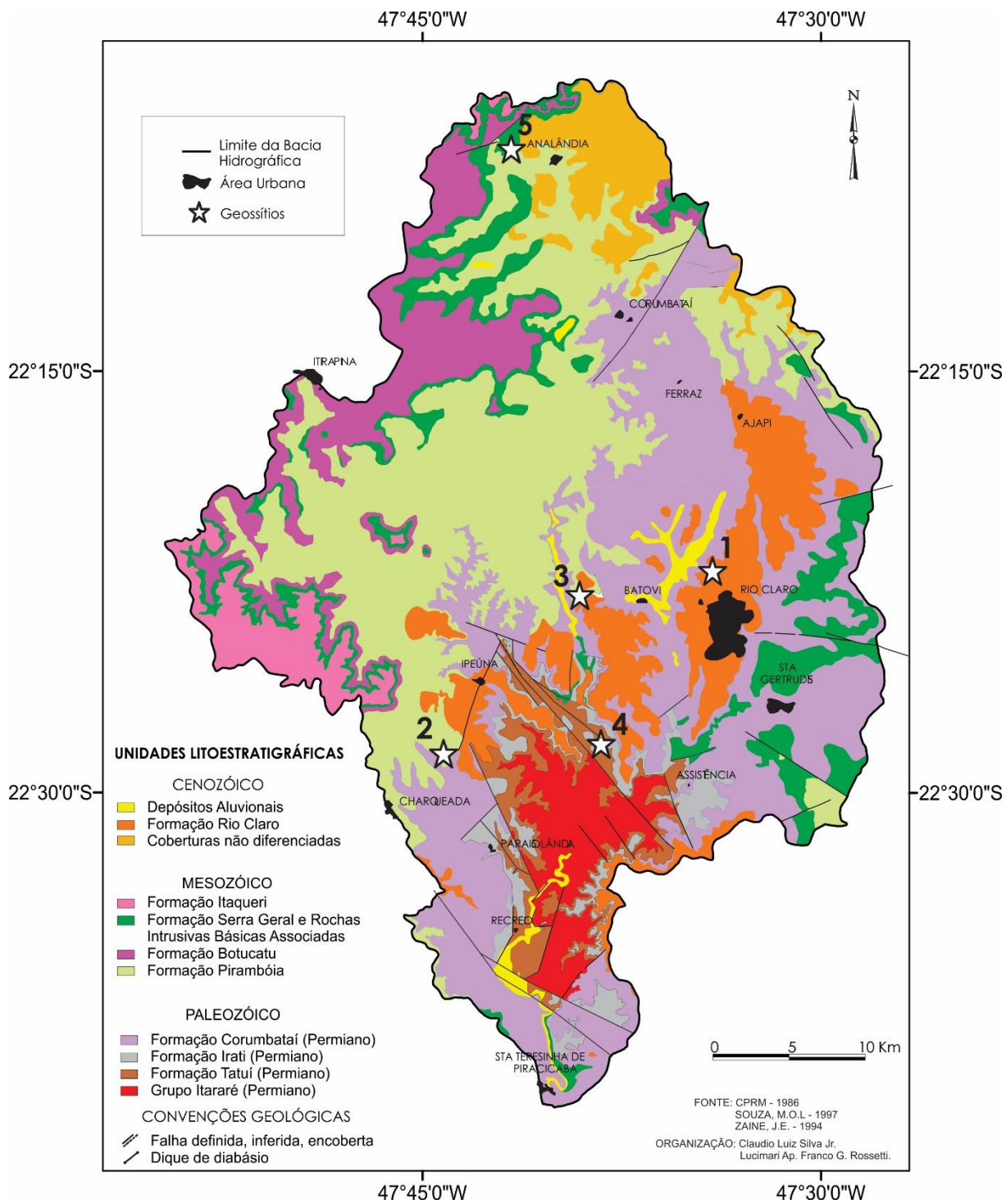
As unidades estratigráficas que compõem o contexto geológico da região da Bacia do Rio Corumbataí foram depositadas em ambiente intracratônico e de relativa estabilidade tectônica. Apesar disso, variações nesse padrão são frequentes, devido a fatores como as reativações de estruturas herdadas do embasamento, responsáveis por gerar grandes lineamentos estruturais com direções preferenciais NW-SE, NE-SW e E-W (ZALÁN et al., 1987; MILANI, 1997).

Localizado no sul da Bacia do Rio Corumbataí, o Alto Estrutural de Pitanga constitui a principal feição de relevo de gênese tectônica representada na região. Apresentando-se como um baixo topográfico por conta da erosão diferencial, o domo é uma estrutura antiformal com morfologia em mapa aproximadamente elíptica, sendo o eixo maior alongado em cerca de 30 km na direção NNE-SSW e o eixo menor em torno de 15 Km na direção E-W (RICCOMINI, 1995).

O arqueamento da estrutura permite que as unidades estratigráficas mais antigas sejam rodeadas pelas unidades mais novas. Desse modo, do centro para as bordas do domo, são expostas rochas do Grupo Itararé e das formações Tatuí, Irati,

Corumbataí e Piramboia, além de coberturas cenozoicas da Formação Rio Claro e de intrusões associadas ao magmatismo da Formação Serra Geral.

Figura 8 - Mapa geológico da região da Bacia do Corumbataí.



4.4 Contexto pedológico

Segundo o sistema de classificação de solos brasileiros, proposto por Prado (2001), a região da bacia apresenta maior ocorrência de argissolos e, secundariamente, de latossolos, ambos originados das formações Piramboia, Botucatu e Rio Claro e caracterizados pela textura arenosa, por serem bem drenados, ácidos, apresentando elevada lixiviação e infiltração, pobres em matéria orgânica e pouco adequados para a agricultura (ZAINÉ, 2000).

Ocorrem também: latossolo roxo, associado a áreas de ocorrência de sills e diques de diabásio, originando um solo rico para a agricultura; neossolos litólicos, ocupando pequenas áreas em faixas de relevo acidentado e de pouca espessura; neossolos quartzarênicos, bastante profundos, arenosos e muito pobres, com pequena capacidade de retenção de nutrientes e de água para os vegetais, limitando sua utilização como área agricultável; gleissolos, ocupando as regiões de várzeas dos rios; os nitossolos, derivados de rochas básicas e ocorrendo em áreas de relevo mais movimentado; e, por fim, ocorre localmente chernossolos (ZAINÉ, M.F., ZAINÉ, J. E., 2009).

4.5 Aspectos geotécnicos

De modo geral, os aspectos geotécnicos, no que se refere aos processos de dinâmica superficial, variam conforme diversos critérios, sendo os principais: as litologias das unidades estratigráficas da Bacia do Rio Corumbataí, as feições geomorfológicas e classes de declividade associadas, assim como os tipos de uso e ocupação da superfície.

Nesse contexto, as unidades predominantemente arenosas, como as Formações Itararé, Pirambóia, Botucatu e Rio Claro, apresentam-se mais suscetíveis a processos erosivos, os quais, a depender do relevo e da ocupação do solo, podem ser acelerados, imprimindo feições como sulcos, ravinas e voçorocas na paisagem. O consequente aumento do assoreamento dos cursos d'água, por sua vez, leva a mudanças no equilíbrio fluvial.

Nas formações Serra Geral e Irati, cuja mineralogia é mais suscetível à alteração, o intemperismo atua com maior intensidade, gerando perfis de alteração

profundos. Zaine (2000) também cita, para a Formação Serra Geral, a questão relativa à escavabilidade, que pode ser dificultada em obras pela presença de blocos de diabásio não alterado.

As unidades compostas por sedimentos finos, como a Formação Corumbataí e, em menor proporção, as formações Rio Claro e Tatuí, são mais impermeáveis e, portanto, suscetíveis a processos como alagamentos. Além disso, apresentam empastilhamento em cortes e pouca capacidade de suporte para alicerces rasos, devido ao solo plástico e expansivo (Zaine, 2000).

4.6 Uso e ocupação do solo

A ocupação na região começou no início do século XIX, consolidada em Corumbataí, em 1821, e em Rio Claro, em 1827. Ao longo do tempo houve predomínio da economia baseada na agricultura e pecuária, com, mais recentemente, incremento da economia industrial e que, por sua vez, promoveu o crescimento da urbanização e mudanças no uso do solo rural e dos recursos ambientais (Antonello, 2008).

Atualmente, a ocupação do solo na Bacia do Rio Corumbataí mostra um uso diversificado, com domínio da atividade agropecuária, sendo que a cultura da cana-de-açúcar predomina na região, seguida de pastagens, que se concentram na porção central-norte da bacia, além de áreas esparsas de plantio de cítricos (Tabela 4).

A vegetação, por sua vez, sofreu grandes alterações com a chegada da estrada de ferro e da cafeicultura, o que se agravou com a substituição do café pela cultura da cana-de-açúcar e pela mineração. Nesse contexto, onde predominavam florestas, cerrados, campos cerrados e cerradões, atualmente encontram-se fragmentos não conectivos de cerrados, áreas de mata concentradas nas cuestas e nos morros testemunhos, além de várzeas com gramíneas formando pastagens naturais (Nobre, 2008). As áreas de reflorestamento são representadas, principalmente, por eucaliptos e *Pinus*, mais abrangentes na “Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade”, no município de Rio Claro.

Tabela 4 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí.

Uso e ocupação do solo	Área (km²)	%
Cana-de-açúcar	679,2816	39,55
Pastagem	474,79	27,64
Vegetação nativa	301,1464	17,53
Reflorestamento	114,3426	6,66
Área edificada	66,2153	3,85
Citricultura	54,226	3,16
Solo exposto	16,0655	0,94
Cerrado	6,0113	0,35
Corpo d'água	5,5211	0,32
Total	1717,5998	100

Fonte: CEAPLA (2008).

Vale ressaltar a utilização dos litotipos da Formação Corumbataí como principal fonte de matéria-prima para a indústria cerâmica e olaria da região, constituindo o maior pólo cerâmico da América Latina. Essa atividade leva a conflitos quanto ao uso e ocupação do solo e impactos ambientais, como a geração de áreas degradadas nas cavas de mineração, além de problemas quanto à poluição do ar e sonora.

4.7 Meio socioeconômico

De forma geral, os municípios que integram a Bacia do Rio Corumbataí apresentam crescimento acelerado dos centros polarizadores regionais e êxodo rural. O maior município, em extensão, é Piracicaba, embora pouco representativo na área

da Bacia do Rio Corumbataí, seguido de Rio Claro, enquanto os menores municípios são Ipeúna e Charqueada. Nota-se, pela Tabela 5, que a maior parte da população da região reside em áreas urbanas, principalmente nos municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, com exceção para o município de Corumbataí.

Quanto ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), apenas Rio Claro apresenta um valor considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), enquanto os demais municípios se enquadram em valores de IDH médios.

Tabela 5 - Características gerais dos municípios da Bacia do Corumbataí.

Município	Área (km ²)	População (2010)	Densidade Populacional (hab/km ²)	População Urbana (%)	IDH
Analândia	325,67	4.293	13	79	0,754
Charqueada	175,84	15.085	86	91	0,735
Corumbataí	278,62	3.874	14	54	0,754
Ipeúna	190,01	6.016	32	86	0,753
Itirapina	564,76	15.524	28	90	0,724
Piracicaba	1378,06	364.571	265	97	0,785
Rio Claro	498,42	186.253	374	98	0,803
Santa Gertrudes	98,29	21.634	220	99	0,737

Fonte: IBGE (2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados deste trabalho, que incluem: a caracterização dos geossítios selecionados, o valor do risco de degradação desses locais e o levantamento das principais ameaças a que estão expostos, além de sugestões de medidas a serem realizadas visando a conservação dos geossítios. Serão apresentados, na sequência, os geossítios Coquina do Distrito Industrial, Afloramento Piramboia-Charqueada, Afloramento das Três Eras, *Clarkecaris* do Taquaral e Morro do Cuscuzeiro.

5.1 Geossítio Coquina do Distrito Industrial

5.1.1 Localização

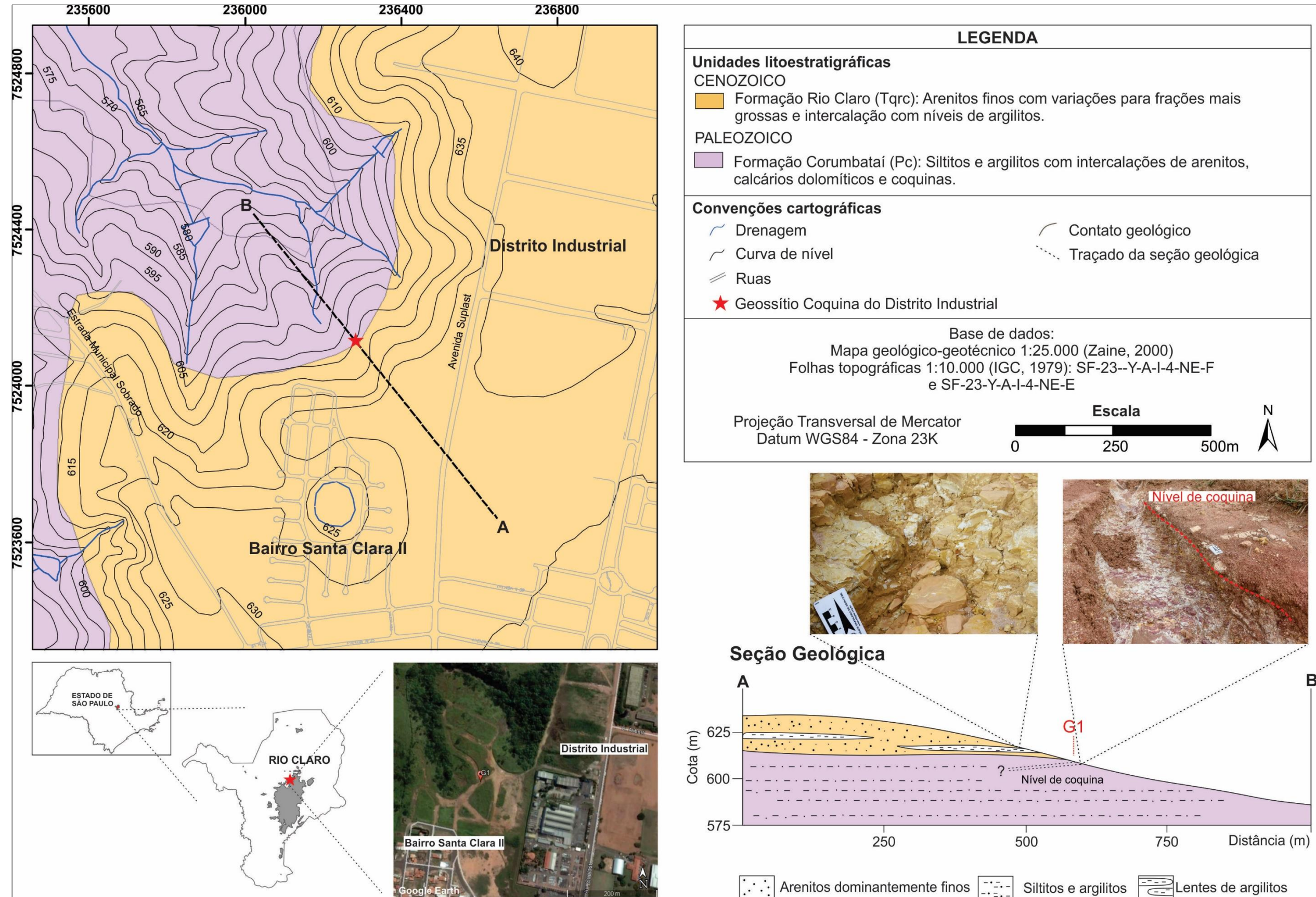
O geossítio localiza-se no município de Rio Claro, na região norte da zona urbana (Figura 9). Sua circunvizinhança é composta por área industrial a leste, bairro residencial a sul e áreas descampadas a norte e a oeste, onde, atualmente, se realiza a abertura de ruas para a instalação de novos loteamentos.

Localizado em área periférica urbana, o geossítio apresenta uma acessibilidade facilitada, estando a poucos metros de rua pavimentada e sem qualquer controle de entrada. O acesso mais simples se dá pelo bairro Santa Clara II, que pode ser percorrido até sua extremidade norte, estando a última rua pavimentada a uma distância aproximada de 150 metros do geossítio. A partir da rua pavimentada, segue-se no sentido NE por um caminho de terra descampado, também aberto para instalação de novo loteamento.

5.1.2 Geologia e fisiografia

O elemento geológico de maior interesse do geossítio é o afloramento de uma camada de coquina em área de aproximadamente 4 m², exposta a partir da remoção de vegetação e início de abertura de rua no local.

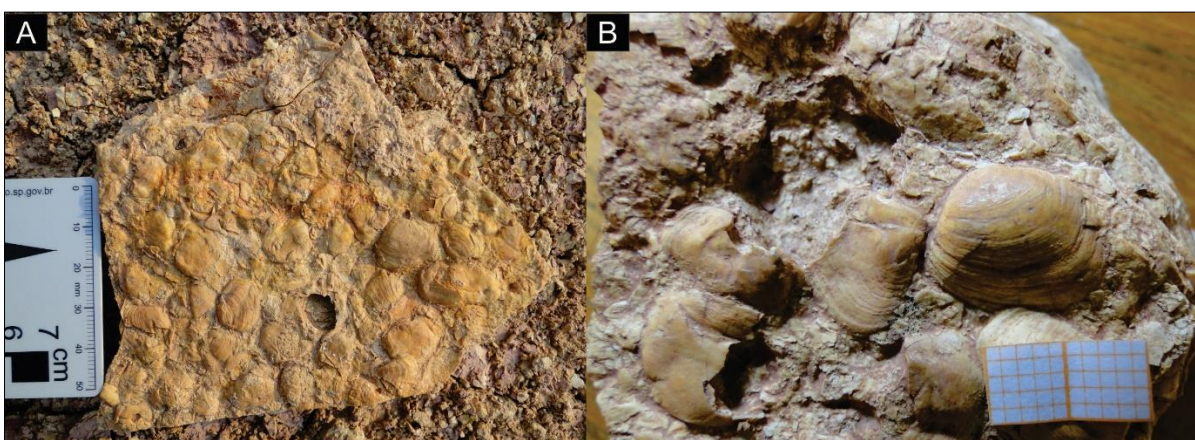
Figura 9 - Localização e contexto geológico do geossítio Coquina do Distrito Industrial.



Fonte: Elaborado pela autora.

O nível de coquina, situado na Formação Corumbataí, exibe cerca de 2 a 4 cm de espessura, e é constituído por moluscos bivalves silicificados, sendo notável a área relativamente grande de exposição de valvas completas, bem preservadas, orientadas com a porção convexa voltada para cima (Figura 10). Estas características bioestratinômicas permitem a interpretação de que a deposição ocorreu num evento episódico de alta energia e curta duração, provavelmente por fluxos combinados gerados durante uma tempestade, sem retrabalhamento posterior das conchas.

Figura 10 - (A) Nível de Coquina visto em planta; (B) valvas em detalhe.



Fotos: Rosemarie Rohn, 2017.

Segundo Simões & Rocha-Campos (1992), uma das feições mais notáveis da Formação Corumbataí no Estado de São Paulo é a presença de concentrações fossilíferas, formadas por acúmulo denso de conchas de bivalves. Tais níveis de conchas fósseis, abundantes antes da urbanização do município de Rio Claro, são de ocorrência rara, atualmente.

Mendes (1952) definiu na região três biozonas de distribuição de bivalves, sendo que a coquina do geossítio em questão, provavelmente pertence à biozona média, remetida pela espécie *Pinzonella illusa* (Figura 11) e algumas outras espécies raras.

Figura 11 - Ilustração esquemática da espécie *Pinzonella illusa*. (A) aspecto interno da valva esquerda com detalhes da musculatura e dentição; (B) aspecto externo da valva esquerda, salientando-se linhas de crescimento bem marcadas.



Fonte: Simões & Fittipaldi (1988, p.39).

O contexto geológico do geossítio é representado por siltitos e argilitos arroxeados da Formação Corumbataí. A poucos metros da exposição da coquina, situa-se o contato da Formação Corumbataí com a Formação Rio Claro, sobrejacente. Esta é assinalada, no local, pela ocorrência de arenito fino pouco consolidado e, majoritariamente, por uma lente de aproximadamente 2 metros de siltito argiloso de coloração creme-alaranjada.

O contexto geomorfológico é de vertente de meia e baixa encosta, exibindo uma quebra no relevo na região de contato entre as duas unidades estratigráficas, passando para declives mais suaves na área de afloramento da Formação Corumbataí. A declividade do terreno nas proximidades do geossítio gira em torno de 25%, configurando um relevo fortemente ondulado.

Em função do contraste de permeabilidade entre as litologias das duas unidades geológicas aflorantes, a fisiografia do local é marcada pela ocorrência de anfiteatro de nascentes, que dão origem a um dos corpos d'água afluentes do Rio Corumbataí, à oeste.

Quanto à cobertura da superfície, a área apresenta-se em grande parte vegetada com espécies de pequeno porte, secundariamente exhibe solo exposto devido ao processo de abertura de ruas instalado pelo empreendimento imobiliário, e o restante da cobertura é representada por mata ciliar restrita à ocorrência de corpos d'água e às respectivas zonas de preservação permanente (APPs) (Figura 12).

Figura 12 - Vista panorâmica da região de afloramento da camada de coquina.



Foto: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

5.1.3 Tipologia e valores do geossítio

O nível de coquina configura-se como o principal elemento geológico de valor, pois, além de mostrar-se bem preservado, a ampla exposição de fósseis em planta como a observada é bastante incomum, reforçando a importância desta localidade como um geossítio de conteúdo paleontológico. Ademais, vale ressaltar a existência de um considerável conteúdo estratigráfico e geotécnico (Quadro 5), já que, no local, pode-se notar o contato de duas unidades estratigráficas e a intensa atuação de processos de dinâmica superficial.

Quadro 5 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Coquina do Distrito Industrial.

Conteúdo	Valor		
	Baixo	Médio	Alto
Geomorfológico	✓		
Paleontológico			✓
Estratigráfico			✓
Tectônico	✓		
Hidrogeológico	✓		
Geotécnico		✓	
Mineralógico	✓		
Geoquímico	✓		
Petrológico	✓		
Geofísico	✓		
Mineiro	✓		
Museus e coleções		✓	

Fonte: Elaborado pela autora

5.1.4 Vulnerabilidade à deterioração

O valor do RD obtido é de 375, configurando-se, portanto, como um geossítio de alto risco de degradação (Quadro 6).

Uma das ameaças levantadas está relacionada à fragilidade intrínseca do geossítio, devido ao pequeno tamanho do elemento geológico de interesse e à facilidade de sua desagregação e fragmentação.

Quadro 6 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Coquina do Distrito Industrial

Critérios	Parâmetros
A) Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos (35%)	4
B) Proximidade a áreas com potencial de degradação (20%)	4
C) Proteção Legal (20%)	4
D) Acessibilidade (15%)	3
E) Densidade Populacional (10%)	3
Risco de Degradação (RD)	375
Categoria (RD)	Alto

Fonte: Elaborado pela autora

Outra ameaça é a perda do elemento em razão da exposição aos processos de dinâmica superficial atuantes no local. A urbanização e consequente impermeabilização do solo nos arredores do geossítio e o contexto geomorfológico de meia encosta promovem um escoamento superficial de alta vazão e energia, o que, associado ao solo superficial exposto no local, favorece a instalação de processos erosivos avançados, como se observa através da presença de inúmeros sulcos e ravinas (Figura 13).

Figura 13 - Sulcos e ravinas produtos do processo erosivo instalado na localidade.



Fotos: André de Andrade Kolya, 2017.

Além disso, o geossítio está altamente sujeito à degradação antrópica devido à proximidade de bairro residencial e de área industrial, sem qualquer controle de acesso. Nesse sentido, as principais ameaças são a coleta de amostras de forma indiscriminada e a continuidade do processo de instalação de novo loteamento sem um plano de conservação do local, o qual extingiria a exposição da coquina.

Em relação à situação administrativa e estatuto do local, a área em que o geossítio se insere consiste de um empreendimento imobiliário paralisado em processo de regularização, no qual já foi realizada a abertura de ruas não pavimentadas em novo loteamento denominado “Portal Verde”.

Nesse sentido, de forma a diminuir o risco de degradação do geossítio, propõe-se medidas como: proteção legal a partir de declaração da área como relevante interesse ambiental; proteção física do afloramento, aplicando-se controle de acesso e medidas para redução da ação erosiva, além do investimento em educação ambiental e conscientização popular a respeito da importância do geossítio. Em último caso, sugere-se a coleta de amostras para posterior exposição em instituições, medida esta aplicada quando as anteriores se mostram ineficazes.

Em 2016, em contato com a Prefeitura Municipal de Rio Claro, foi solicitado um documento pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), na qual a comunidade geocientífica informou sobre a ocorrência paleontológica e destacou sua importância e a necessidade de se proteger a área. Em 2017, houve o retorno dos responsáveis pelo empreendimento e, atualmente, estão sendo discutidas ações em conjunto que visem a preservação do nível de coquina na área do empreendimento.

5.2 Geossítio Afloramento Pirambóia-Charqueada

5.2.1 Localização

O geossítio situa-se no município de Ipeúna, distando em torno de 4,5 km a sul da zona urbana (Figura 14). O afloramento localiza-se em corte da Rodovia Irineu Penteadó (SP-191), sendo que a residência rural mais próxima se situa por volta de 250 metros a oeste do geossítio.

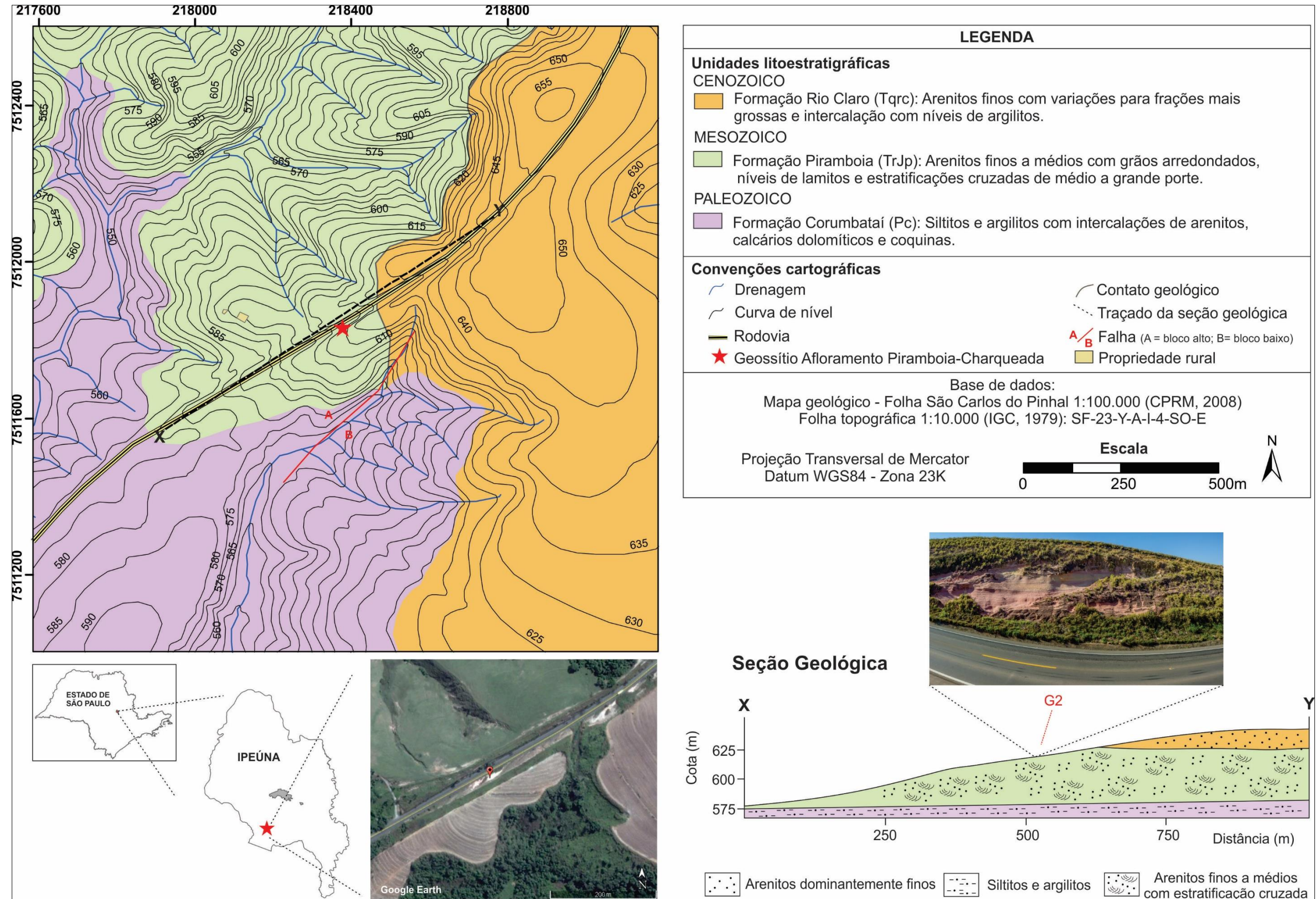
O afloramento possui acessibilidade de dificuldade média e sem controle de entrada. O acesso mais simples se dá pela via pavimentada (SP-191) e as opções para parada de veículos são bastante limitadas, sendo necessário o uso de acostamento ou de vias de entrada/saída de propriedade rural.

Ressalta-se que a observação dos elementos da geodiversidade do geossítio apresenta um risco considerável aos visitantes, pois fica restrita às laterais da rodovia, na qual veículos trafegam em alta velocidade.

5.2.2 Geologia e fisiografia

O elemento geológico de interesse consiste no afloramento das feições litológicas e estruturas sedimentares da Formação Piramboia, que ocorrem ao longo de ambas as margens da rodovia, estendendo-se por cerca de 65 metros de comprimento e 10 metros de altura. Embora muitas porções da exposição estejam cobertas por vegetação, o geossítio ainda exibe uma boa condição de visibilidade (Figura 15).

Figura 14 - Localização e contexto geológico do geossítio Afloramento Piramboia-Charqueada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 - Afloramento nas margens da rodovia exibindo os arenitos e estratificações cruzadas da Formação Piramboia.



Fotos: (A) André de Andrade Kolya; (B) Fernanda B. Bertuluci, 2017.

Em termos litológicos, o afloramento compõe-se de arenitos vermelho-alaranjados de granulação fina a média, exibindo estratificações cruzadas de grande porte, além de laminações plano-paralelas e pequenos falhamentos normais (Figura 16). O solo é areno-argiloso, de coloração amarelada e pouco espesso, atingindo em torno de 1 metro.

O contexto geomorfológico é de topo de encosta, marcado por um relevo ondulado e pela ocorrência de nascentes e corpos afluentes do Ribeirão Vermelho, que corre a oeste do geossítio. A declividade do terreno na localidade do afloramento gira em torno de 10%, enquanto nos arredores, as regiões de vale atingem declividades de cerca de 70%. A cobertura da superfície, por sua vez, é representada, majoritariamente, por áreas de cultivo de cana-de-açúcar e pastagens.

Figura 16 – Detalhe de arenito da Formação Piramboia exibindo falhamento do tipo normal. Notar as lâminas de coloração branca deslocadas.



Foto: André de Andrade Kolya, 2017

5.2.3 Tipologia e valores do geossítio

A exposição em grande escala das feições litológicas e estruturas sedimentares da Formação Piramboia atribuem ao geossítio um conteúdo de alto valor estratigráfico (Quadro 7). Tais elementos são importantes, pois também permitem a interpretação paleoambiental de formação da unidade como fluvio-desértica, com migração de dunas de areia.

A facilidade do reconhecimento e do contato com os elementos geológicos de interesse conferem ao geossítio um alto potencial de uso educativo. Por esse motivo, o afloramento é frequentemente visitado durante aulas práticas de campo pelas universidades da região, em especial pelo curso de Geologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

No entanto, as condições de segurança para o público são comprometidas pela proximidade com a rodovia e o tráfego de veículos em alta velocidade.

Quadro 7 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Afloramento Piramboia-Charqueada

Conteúdo	Valor		
	Baixo	Médio	Alto
Geomorfológico	✓		
Paleontológico	✓		
Estratigráfico			✓
Tectônico		✓	
Hidrogeológico	✓		
Geotécnico		✓	
Mineralógico	✓		
Geoquímico	✓		
Petrológico	✓		
Geofísico	✓		
Mineiro	✓		
Museus e coleções	✓		

Fonte: Elaborado pela autora

5.2.4 Vulnerabilidade à deterioração

O valor absoluto do RD obtido é de 335, sendo o geossítio classificado como de alto risco de degradação (Quadro 8). Uma das principais ameaças levantadas refere-se à perda ou ao comprometimento da visibilidade do geossítio em razão do crescimento de vegetação no afloramento, a qual acaba por encobrir as feições geológicas de interesse. Além disso, a possibilidade de deterioração dos elementos geológicos é relativamente alta por conta da fragilidade intrínseca da rocha, isto é, os arenitos da Formação Piramboia são pouco resistentes ao intemperismo físico, sendo facilmente desagregados com o tempo.

Quadro 8 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do Afloramento Piramboia-Charqueada.

Critérios	Parâmetros
A) Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos (35%)	3
B) Proximidade a áreas com potencial de degradação (20%)	4
C) Proteção Legal (20%)	4
D) Acessibilidade (15%)	4
E) Densidade Populacional (10%)	1
Risco de Degradação (RD)	335
Categoria (RD)	Alto

Fonte: Elaborado pela autora

Destaca-se também a proximidade do geossítio com áreas/atividades potencialmente degradantes, como os campos de pastagem e plantação de cana-de-açúcar, que favorecem a instalação de processos erosivos, além da rodovia, que pode impactar o geossítio com futuros projetos de ampliação.

Ressalta-se, ainda, que a proximidade com a rodovia, por um lado, diminui a ameaça de degradação antrópica, já que a visitação é dificultada, mas, por outro lado, diminui o valor educativo do geossítio por oferecer risco aos visitantes.

Quanto à situação administrativa, o geossítio situa-se na faixa de domínio da rodovia estadual SP-191, administrada pela concessionária Intervias. Tal faixa é bem de uso comum e não está sujeita à utilização por terceiros, salvo nos casos de ocupação por serviços de utilidade pública e desde que devidamente autorizada pelo ente rodoviário, segundo Art. 50 do Código de Trânsito Brasileiro.

Como medida mais palpável para a conservação do geossítio, sugere-se a manutenção de sua visibilidade com o corte regular/periódico da cobertura vegetal.

5.3 Geossítio Afloramento das Três Eras

5.3.1 Localização

O geossítio situa-se no município de Rio Claro, em torno de 6 km à oeste da zona urbana (Figura 17). O afloramento configura-se de um talude de corte em margem de estrada ferroviária, no trecho que liga Rio Claro a Itirapina.

O acesso é de dificuldade média, sem controle de entrada, sendo possível a observação do geossítio de duas formas: na parte superior, caminhando-se, a partir da rodovia SP-191, em torno de 200 metros por área descampada no topo do talude de margem da ferrovia, e na parte inferior, acessível pela estrada de manutenção da linha de ferro.

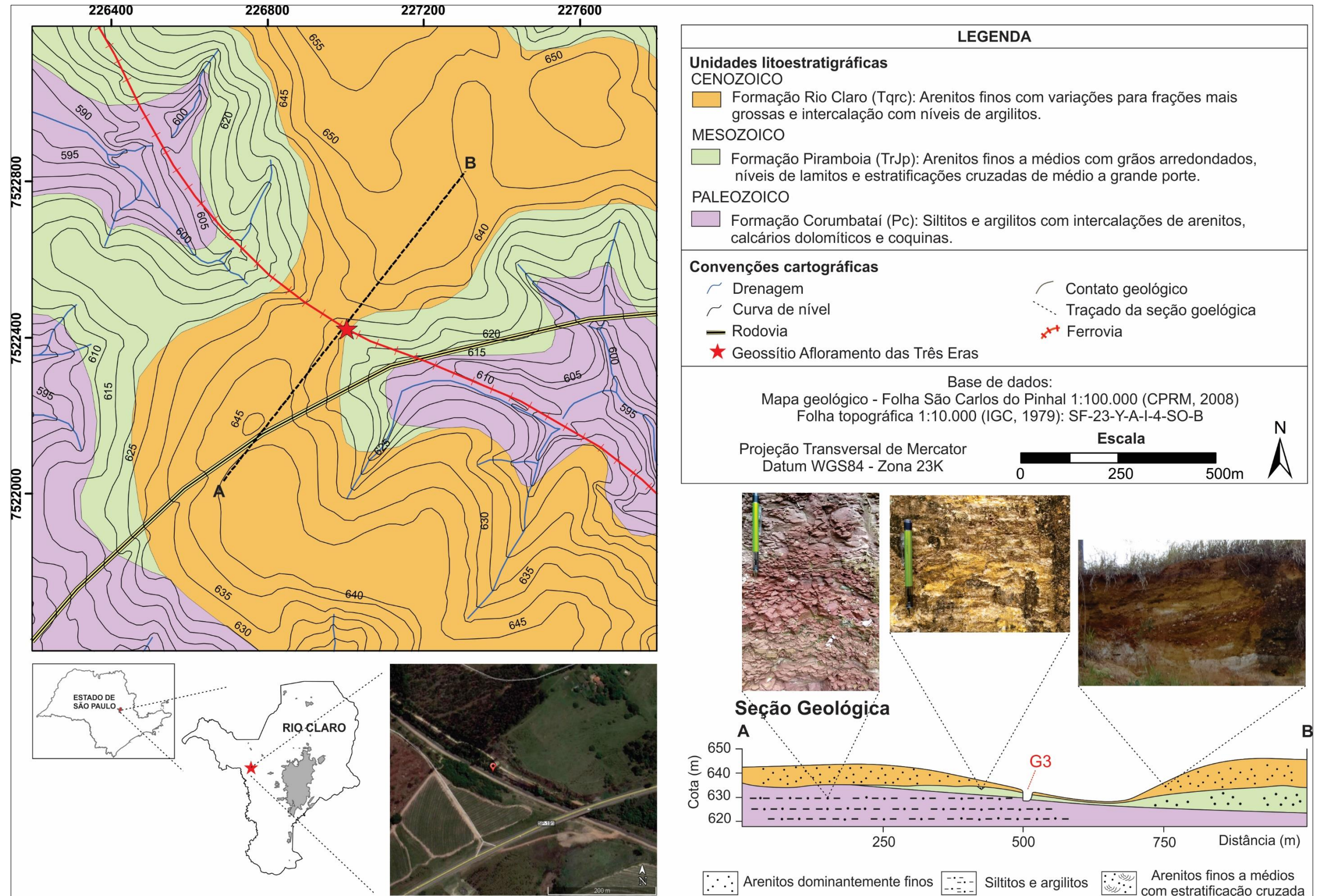
As opções de estacionamento de veículos são limitadas e inadequadas, pois se dão em beira de via pavimentada, onde veículos trafegam em alta velocidade, ou em estradas rurais de propriedades privadas.

5.3.2 Geologia e fisiografia

O geossítio exibe como elemento de valor singular o afloramento de três unidades estratigráficas pertencentes a três eras geológicas distintas: Formação Corumbataí (Era Paleozoica), Formação Piramboia (Era Mesozoica) e Formação Rio Claro (Era Cenozoica).

O afloramento estende-se por, aproximadamente, 40 metros de comprimento e 10 metros de altura, ao longo das margens da linha férrea (Figura 18). A visibilidade das feições litológicas e de estruturas sedimentares mostra-se comprometida em razão do grau de intemperização das rochas e do crescimento de vegetação no talude.

Figura 17 - Localização e contexto geológico do geossítio Afloramento das Três Eras.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 18 - Vista superior do Afloramento das Três Eras. RC = Formação Rio Claro; P = Formação Pirambóia; C = Formação Corumbataí

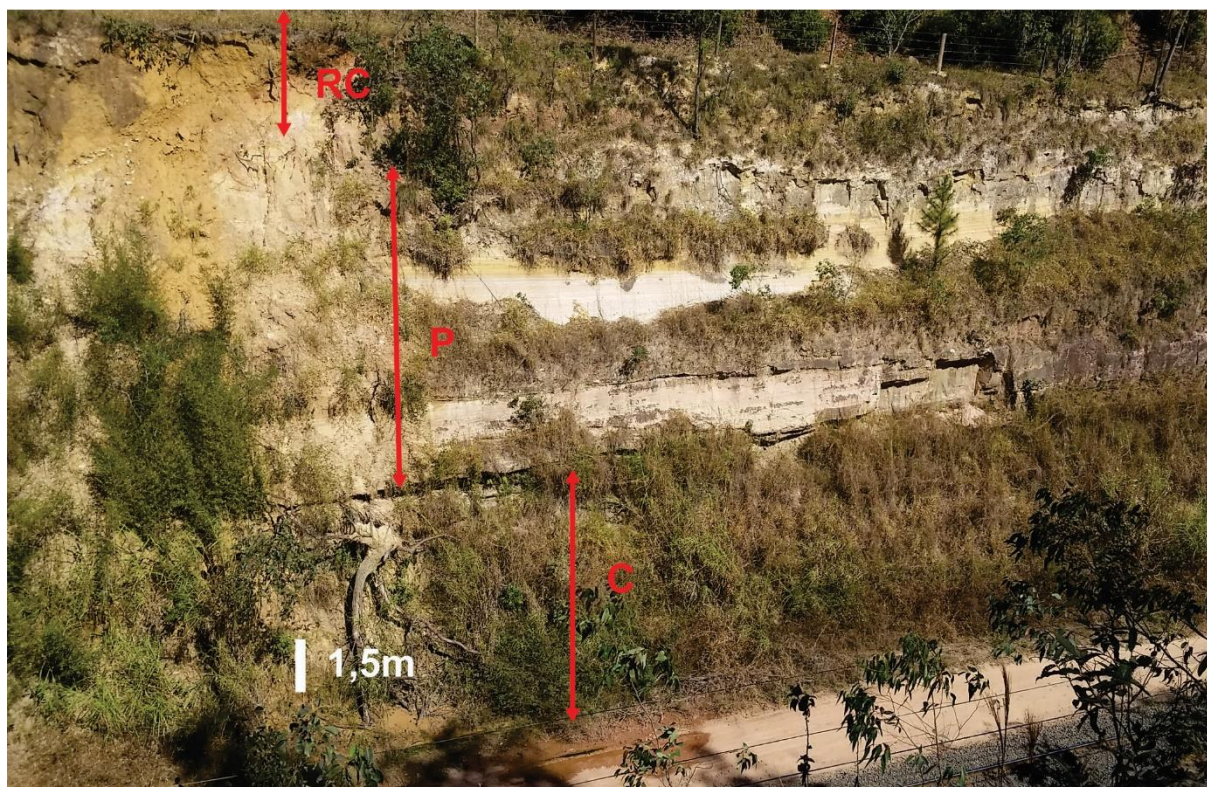


Foto: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

Litologicamente, o afloramento é composto por: argilitos e siltitos da Formação Corumbataí na porção basal, exibindo coloração arroxeadada e elevado grau de desagregação superficial; sobrepostos por arenitos de granulação fina a média e coloração creme-amarelada da Formação Piramboia, nos quais se observa estratificação plano-paralela e alguns pontos com estratificação cruzada; e na porção superior, arenitos conglomeráticos friáveis amarelo-alaranjados da Formação Rio Claro em contato erosivo e irregular.

O relevo no entorno do geossítio é suavemente ondulado, com declividades atingindo por volta de 10%. O contexto hídrico, por sua vez, é representado por nascentes de corpos afluentes dos rios Cabeça, a oeste, e Corumbataí, a leste.

Quanto à cobertura da superfície, há presença de vegetação de variados portes ao longo do topo do talude e nas bordas da ferrovia. Nos arredores, as áreas são utilizadas para pastagem e agricultura, com algumas porções de áreas de mata preservada.

5.3.3 Tipologia e valores do geossítio

A exposição de três diferentes formações geológicas da Bacia do Paraná em um mesmo afloramento atribuem ao geossítio um conteúdo de alto valor estratigráfico (Quadro 9). O ponto é interessante, pois registra a dinâmica de evolução e mudança de ambientes deposicionais, passando de ambientes costeiros influenciados por tempestades onde se depositaram os pelitos da Formação Corumbataí; para continental-fluvial e desértico, onde foram depositados os arenitos da Formação Pirambóia; e para continental fluvial, onde se depositaram os arenitos e níveis de lamitos da Formação Rio Claro.

A possibilidade de observação de feições de estruturas sedimentares, dos contatos entre as camadas e de diferentes litologias, por sua vez, confere ao Afloramento das Três Eras um alto potencial de uso educativo e científico. Nesse sentido, o local tem sido alvo constante de pesquisadores e estudantes das universidades da região, embora o local não apresente estrutura adequada para visitação.

Quadro 9 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Afloramento das Três Eras

Conteúdo	Valor		
	Baixo	Médio	Alto
Geomorfológico	✓		
Paleontológico	✓		
Estratigráfico			✓
Tectônico	✓		
Hidrogeológico	✓		
Geotécnico		✓	
Mineralógico	✓		
Geoquímico	✓		
Petrológico	✓		
Geofísico	✓		
Mineiro	✓		
Museus e coleções	✓		

Fonte: Elaborado pela autora

5.3.4 Vulnerabilidade à deterioração

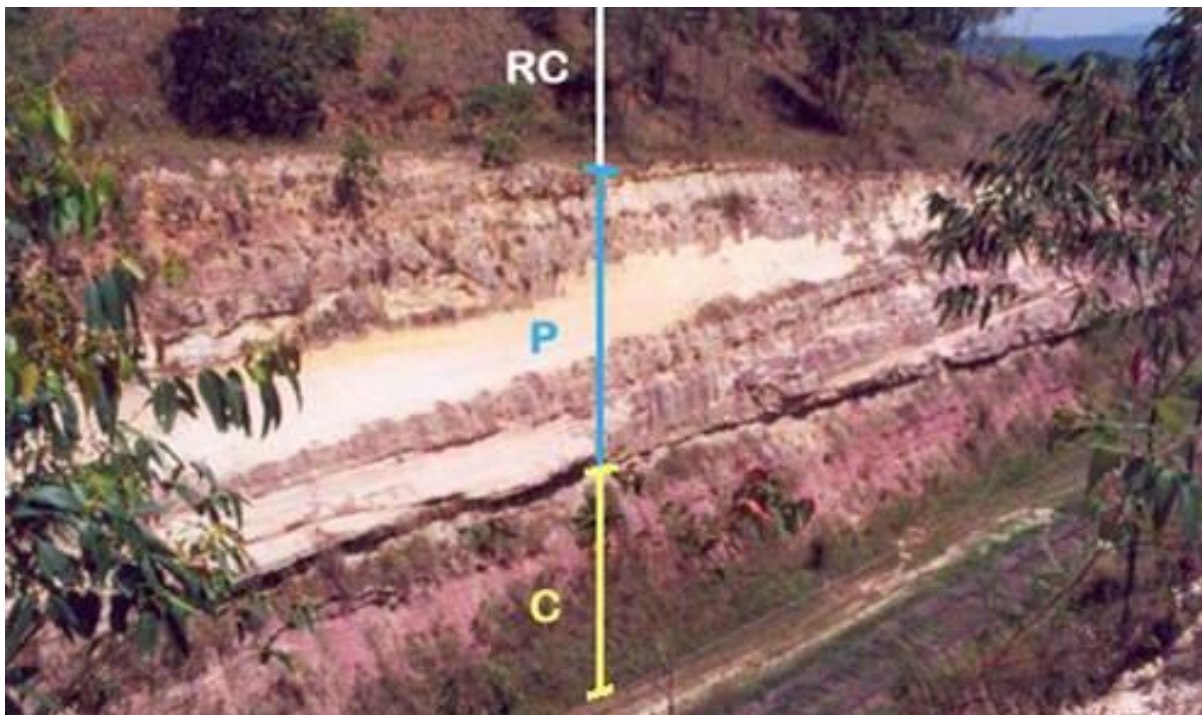
O valor absoluto do RD obtido é de 340, sendo o geossítio classificado como de alto risco de degradação (Quadro 10). A exemplo do geossítio Afloramento Piramboia-Charqueada, o Afloramento das Três Eras apresenta como uma das principais ameaças a perda ou comprometimento da visibilidade do geossítio por conta da vegetação. Comparando-se o mesmo ponto em épocas diferentes, nota-se como a ausência da cobertura vegetal (Figura 19) permite a melhor observação dos contatos litológicos e feições de estruturas sedimentares.

Quadro 10 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Afloramento das Três Eras

Critérios	Parâmetros
A) Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos (35%)	3
B) Proximidade a áreas com potencial de degradação (20%)	4
C) Proteção Legal (20%)	4
D) Acessibilidade (15%)	3
E) Densidade Populacional (10%)	3
Risco de Degradação (RD)	340
Categoria (RD)	Alto

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 19 - Vista da parte superior do Afloramento das Três Eras. RC = Formação Rio Claro; P = Formação Pirambóia; C = Formação Corumbataí



Fonte: Perinotto e Lino [entre 2007 e 2010] apud CEAPLA (2011)

Ademais, a possibilidade de deterioração dos elementos geológicos é relativamente alta, em razão da baixa resistência das rochas aos processos intempéricos. Ressalta-se também que, em algumas porções do afloramento, são observadas inscrições nas rochas, evidenciando a presença de degradação antrópica no local.

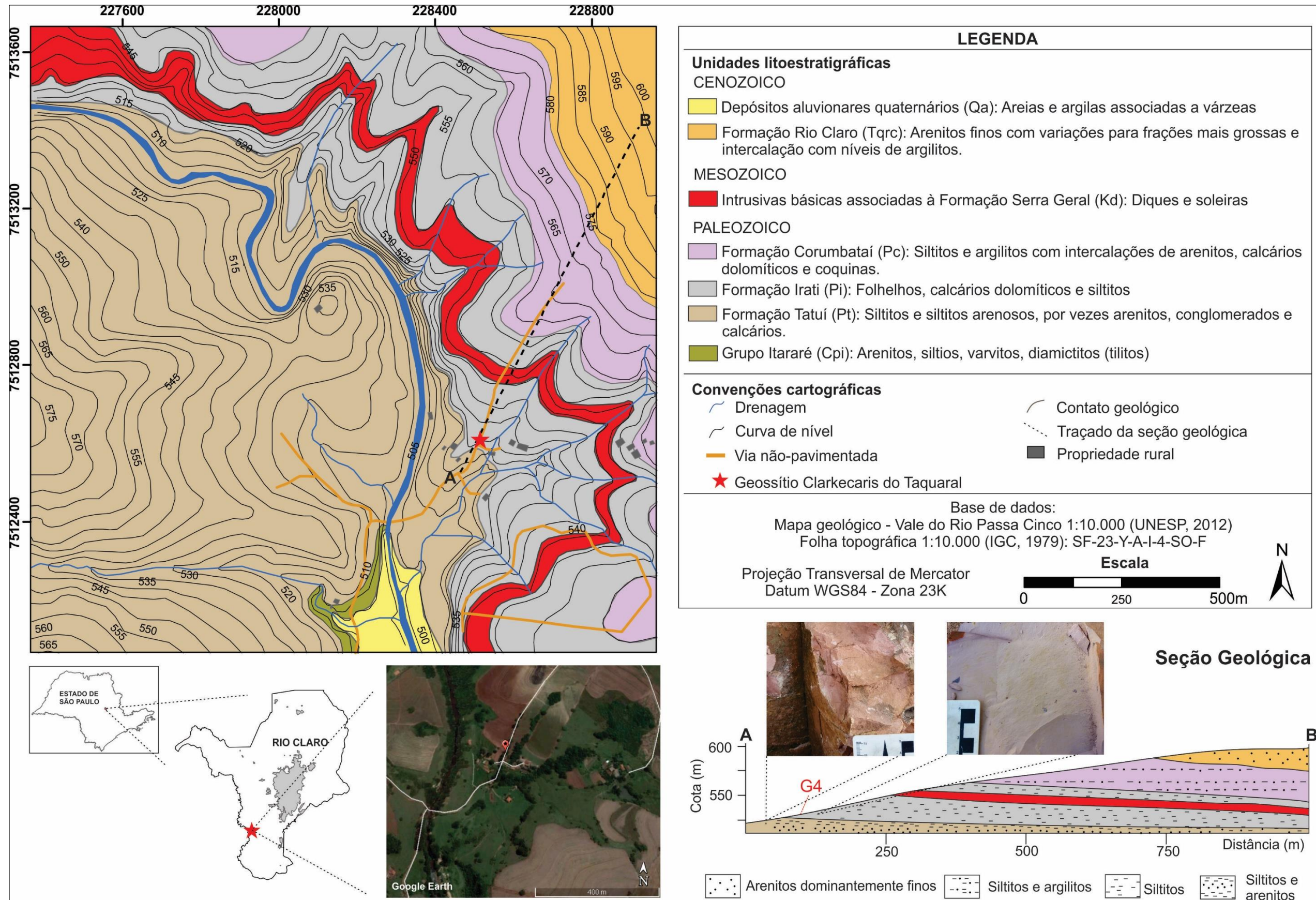
Em termos de situação administrativa, o geossítio localiza-se em área de domínio federal e não se encontra sob regime de proteção legal direta. Nesse caso, sugere-se como medidas a serem tomadas a manutenção da visibilidade do afloramento, a partir da remoção da cobertura vegetal.

5.4 Geossítio *Clakercaris* do Taquaral

5.4.1 Localização

O geossítio situa-se na extremidade do município de Rio Claro, em torno de 5 km a sudoeste da zona urbana (Figura 20).

Figura 20 - Localização e contexto geológico do geossítio Clarkecaris do Taquaral.



Fonte: Elaborado pela autora.

O afloramento ocorre ao longo de corte de estrada não-pavimentada que dá acesso a propriedades particulares rurais. A acessibilidade ao geossítio é de baixa dificuldade e sem controle de entrada. Embora não exista local apropriado para estacionamento de veículos, a via na qual se encontra o afloramento é pouco movimentada, o que facilita sua observação por parte do público visitante.

5.4.2 Geologia e fisiografia

O geossítio exhibe como principal elemento de valor a presença de abundantes fósseis de peixes e crustáceos, em especial do gênero *Clarkecaris*, que foi descrito por Mezzalira (1952), com base em material procedente de jazigo fossilífero do município de Tatuí. O afloramento consiste de cortes de estrada em ambas as margens de via não-pavimentada, atingindo em torno de 2 metros de altura e 20 metros de comprimento (Figura 21).

Figura 21 - Visão geral do afloramento em corte de estrada não-pavimentada.



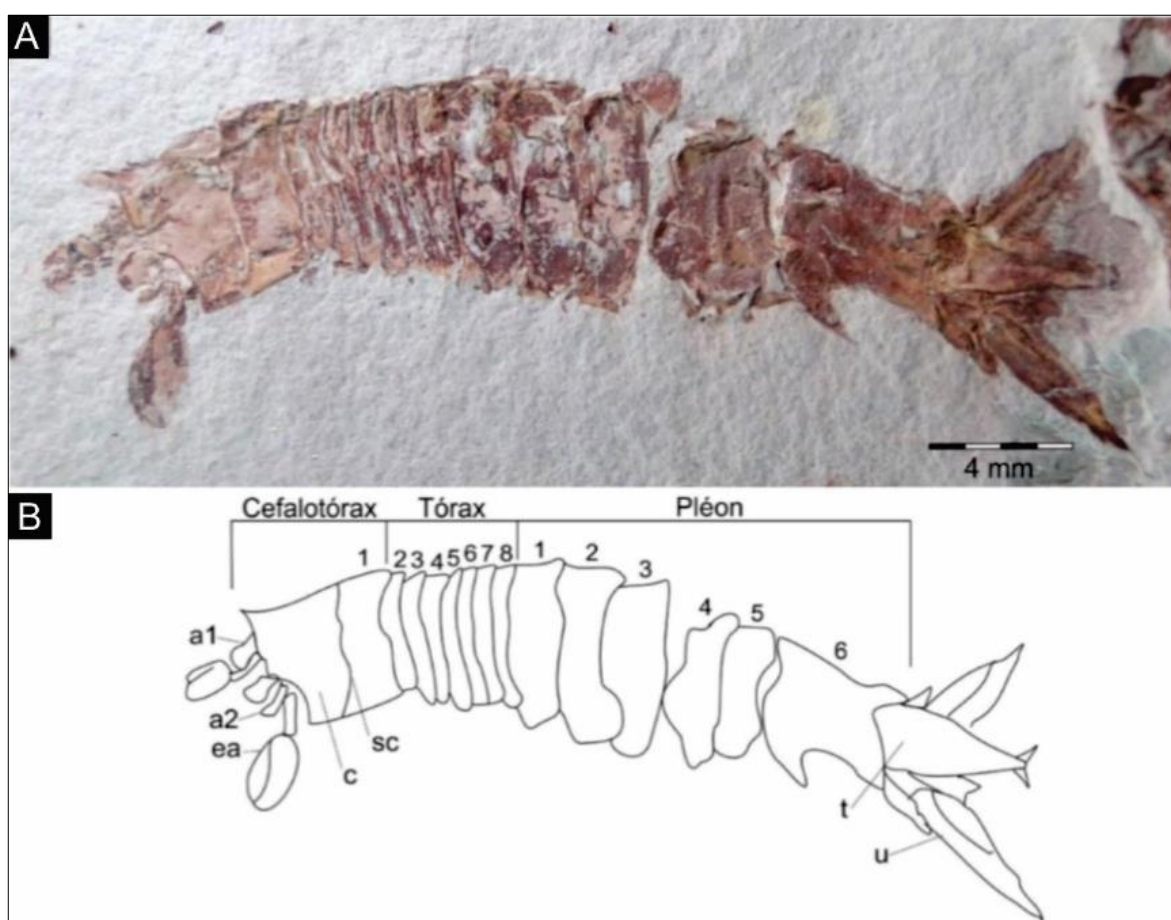
Foto: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

Outra feição geológica importante é a ocorrência do contato entre duas unidades estratigráficas: na base do afloramento ocorrem arenitos finos, bem selecionados, de coloração bege-esbranquiçada e de estrutura maciça pertencentes

à Formação Tatuí; sobrepostos por uma camada de arenito fino a médio rico em bioclastos fragmentados, a qual Chahud (2011) atribui à base do Membro Taquaral da Formação Irati; seguidos de pelitos de coloração rosada e compactos, também pertencentes ao Membro Taquaral. Nota-se que essa faciologia encontrada difere da normalmente observada neste membro, isto é, folhelhos e argilitos acinzentados, o que pode estar relacionado ao intemperismo e metamorfismo local devido à intrusão de um corpo de diabásio nas proximidades (PAZINATO, 2017).

No Membro Taquaral podem ser observados fósseis bem preservados, principalmente os crustáceos da espécie *Clarkecaris brasiliicus* (Figura 22), que é exclusivo desta unidade, além de escamas, dentes e partes ósseas desarticuladas e dispersas de paleovertebrados (CHAHUD, 2007). Estudos recentes apontam, ainda, a existência de uma segunda espécie de Malacostraca, referida por Pazinato (2017) como “morfotipo 1”.

Figura 22 - *Clarkecaris brasiliicus*. (A) Fotografia e (B) desenho esquemático em vista dorsal.



Fonte: Pazinato (2017, p.51)

O geossítio situa-se em contexto geomorfológico de domínio de colinas dissecadas e morros baixos, exibindo relevo moderado a fortemente ondulado, sendo que o afloramento se localiza em estrada com acentuado declive (em torno de 20%), próximo ao vale do Rio Passa Cinco. A cobertura da superfície do entorno, por sua vez, corresponde a áreas de prática agrícola e de mata ciliar restrita às zonas de preservação permanente (APPs) de corpos d'água.

5.4.3 Tipologia e valores do geossítio

A ocorrência de fósseis bem preservados, sendo algumas espécies até então exclusivas de uma unidade estratigráfica, confere ao geossítio um conteúdo de alto valor paleontológico (Quadro 11). Além disso, destaca-se o valor estratigráfico, atribuído pelo afloramento do contato entre duas formações geológicas distintas.

Sabe-se que o afloramento em questão é constantemente visitado durante trabalhos de campo de instituições de ensino da região, e corresponde à área de estudo com a elaboração de diversos artigos, mestrados e doutorados na área das geociências. Nesse sentido, no que se refere ao potencial de utilização, destacam-se os usos didático e científico.

Quadro 11 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio *Clarkecaris* do Taquaral.

Conteúdo	Valor		
	Baixo	Médio	Alto
Geomorfológico	✓		
Paleontológico			✓
Estratigráfico		✓	
Tectônico	✓		
Hidrogeológico	✓		
Geotécnico	✓		
Mineralógico	✓		
Geoquímico	✓		
Petrológico	✓		
Geofísico	✓		
Mineiro			
Museus e coleções			✓

Fonte: Elaborado pela autora

5.4.4 Vulnerabilidade à deterioração

O valor de RD obtido é de 325, sendo classificado como um geossítio de alto risco de degradação (Quadro 12).

Quadro 12 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio *Clarkecaris* do Taquaral.

Critérios	Parâmetros
A) Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos (35%)	3
B) Proximidade a áreas com potencial de degradação (20%)	4
C) Proteção Legal (20%)	4
D) Acessibilidade (15%)	2
E) Densidade Populacional (10%)	3
Risco de Degradação (RD)	325
Categoria (RD)	Alto

Fonte: Elaborado pela autora

Dentre as ameaças levantadas, pode-se citar a possibilidade de perda por fatores naturais, dada à fragilidade intrínseca do elemento geológico, isto é, dos fósseis. Soma-se a isso a proximidade com áreas de plantações e o contexto de relativamente alto declive em que se encontra o geossítio, fatores estes que impulsionam processos erosivos e que contribuem para a desintegração dos fósseis.

Outra ameaça é a coleta de amostras de fósseis de forma indiscriminada que, a depender da raridade do elemento, pode extingui-lo. Sabe-se que, apenas na coleção do Museu de Paleontologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), existem 144 amostras de restos articulados e desarticulados do crustáceo *Clarkecaris brasiliicus*, que são resultado de em torno de vinte anos de coleta no afloramento (PAZINATO, 2017).

Considerando-se que os fósseis não estão aflorantes, isto é, são necessários minuciosos trabalhos de escavação nos níveis pelíticos do Membro Taquaral para a

visualização dos mesmos, e considerando-se justificável a coleta de amostras para fins científicos de elementos que não são raros, sugere-se, neste caso, a conservação *ex-situ* dos fósseis, isto é, a coleta para exposições em museus e coleções.

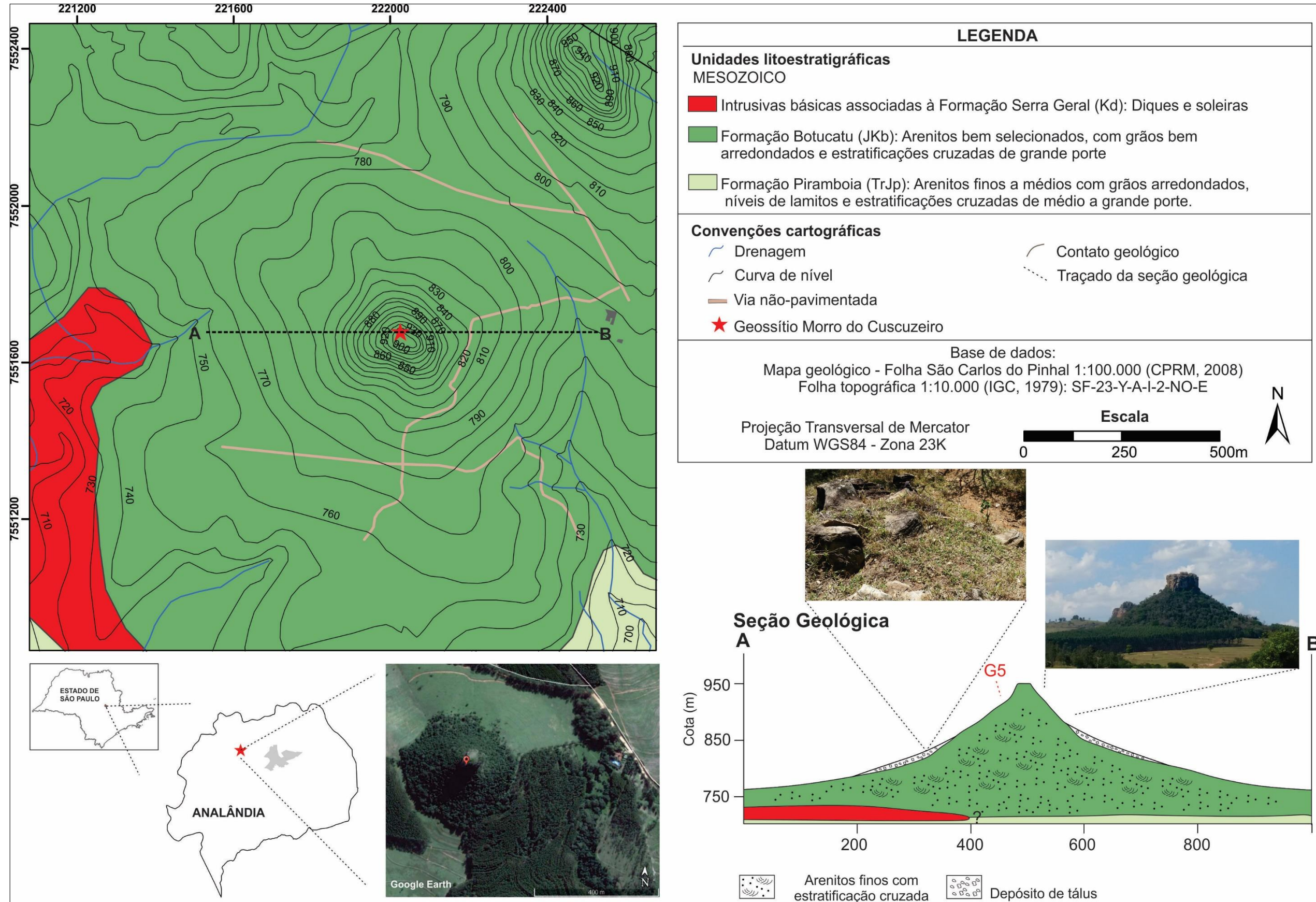
5.5 Geossítio Morro do Cuscuzeiro

5.5.1 Localização

O geossítio situa-se na porção norte do município de Analândia, em torno de 3 km a oeste da zona urbana (Figura 23). Por configurar-se como uma feição geomorfológica de destaque no relevo, o Morro do Cuscuzeiro pode ser observado por quilômetros de distância ao longo das vias e propriedades rurais que o circundam.

Localizado em área particular, o geossítio é facilmente acessado, percorrendo-se por volta de 1,5 km em trecho asfaltado da Avenida Marginal e seguindo-se por mais 700 metros em via não pavimentada até a propriedade particular. Para a subida até a base do Morro do Cuscuzeiro, há controle de entrada mediante o pagamento de taxa, e deve-se seguir por trilha de dificuldade relativamente alta. A propriedade possui estrutura de visitação, contando com estacionamento, sanitários, restaurante, camping e atividades de lazer.

Figura 23 - Localização e contexto geológico do geossítio Morro do Cuscuzeiro.



Fonte: Elaborado pela autora.

5.5.2 Geologia e fisiografia

O Morro do Cuscuzeiro configura-se como uma feição conhecida por “morro testemunho”, isto é, uma elevação topográfica que se destaca em uma superfície aplainada à frente de uma escarpa estrutural (AB’SABER, 1977), sendo testemunho da antiga posição das cuestas arenito-basálticas antes do recuo do *front*. O Morro do Cuscuzeiro exibe cerca de 900 metros de altitude e 220 metros de altura, dos quais cerca de 50 metros correspondem a um paredão subvertical, sustentado pelos arenitos da Formação Botucatu (Figura 24). Possui no topo área aproximada de 700 m² e na base 1,5 km².

Figura 24 - Visão geral do geossítio Morro do Cuscuzeiro.

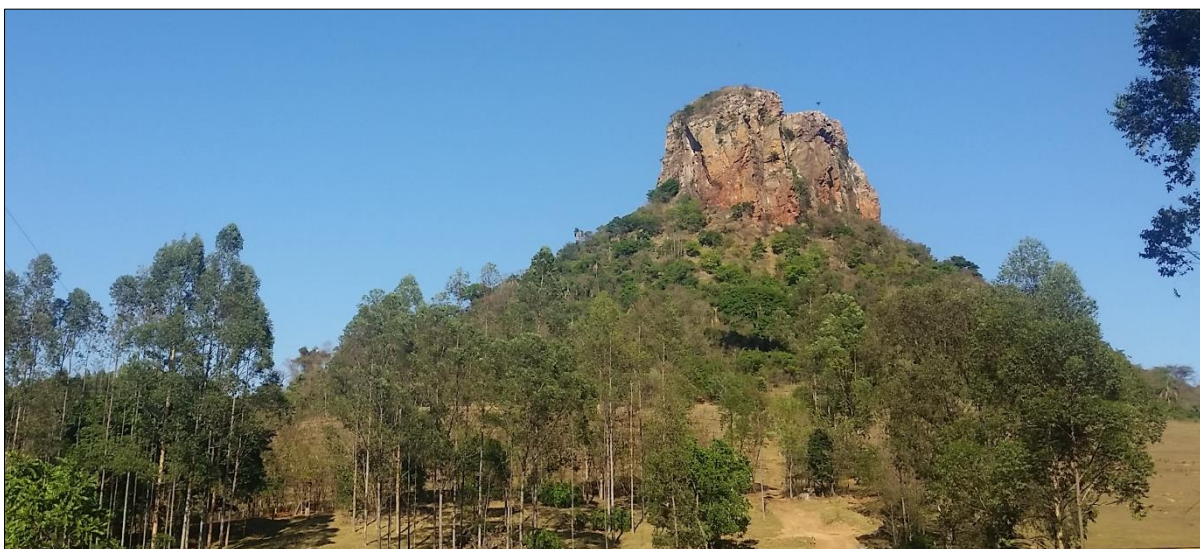


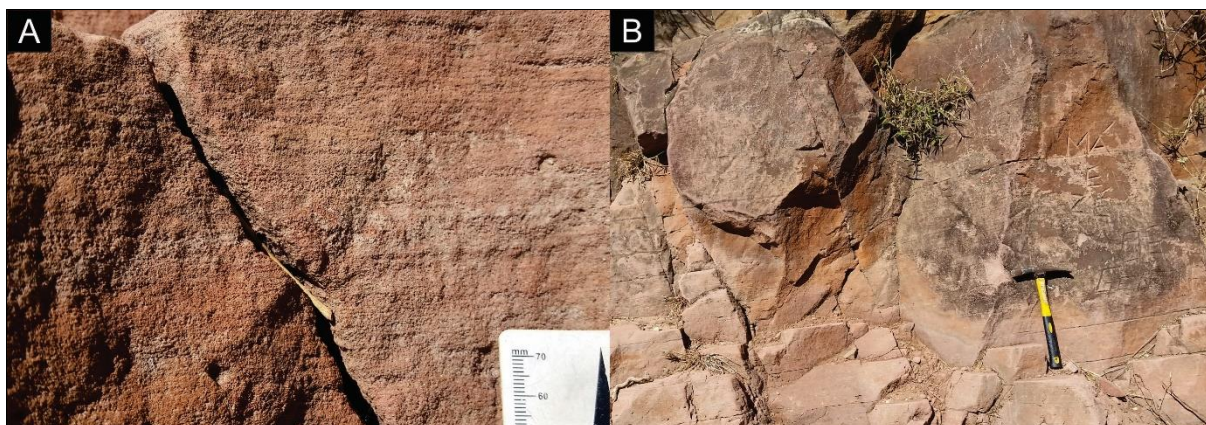
Foto: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

Os arenitos exibem granulação fina a média, com grãos bem selecionados, bem arredondados, e coloração bege avermelhada (Figura 25a). Nota-se também alto grau de faturamento do arenito (Figura 25b) e a presença de estratificação cruzada de grande porte.

O contexto geológico inclui, ainda, a presença, no entorno do geossítio, de intrusivas básicas na forma de diques e soleiras associadas à Formação Serra Geral, das quais se discute a contribuição na resistência à erosão do morro testemunho pela silicificação do arenito ou da presença do próprio basalto no local. Além disso, ressalta-se a presença de falhamentos que circundam o Morro do Cuscuzeiro e que,

segundo Cunha (2014), teriam dinamizado ações erosivas e controlado a evolução dos morros testemunhos e das cuestas.

Figura 25 - (A) Arenito da Formação Botucatu em detalhe; (B) fraturamento da rocha.



Fotos: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

O relevo na área do geossítio é escarpado, chegando a inclinações subverticais na porção superior do morro, enquanto o entorno apresenta relevo suave a ondulado. A rede de drenagem é representada pelas cabeceiras de corpos d'água que dão origem ao Rio Corumbataí. Na região do Morro do Cuscuzeiro, apresenta marcante retilinidade, com vales estreitos e profundos, denotando a influência de controle estrutural. Em relação à cobertura de superfície, tem-se a mata nativa preservada no morro até o sopé, enquanto o entorno é ocupado por áreas de silvicultura.

5.5.3 Tipologia e valores do geossítio

A elevação topográfica que se destaca no relevo, na forma de um morro testemunho, confere ao geossítio um conteúdo de alto valor geomorfológico (Quadro 13). Além disso, também podem ser explorados o conteúdo estratigráfico, em razão da grande exposição das feições litológicas e estruturas sedimentares da Formação Botucatu, e o conteúdo hidrogeológico, uma vez que essa unidade é uma das formações que armazenam o Aquífero Guarani.

Quadro 13 - Análise qualitativa dos conteúdos do geossítio Morro do Cuscuzeiro.

Conteúdo	Valor		
	Baixo	Médio	Alto
Geomorfológico			✓
Paleontológico	✓		
Estratigráfico		✓	
Tectônico	✓		
Hidrogeológico		✓	
Geotécnico	✓		
Mineralógico	✓		
Geoquímico	✓		
Petrológico	✓		
Geofísico	✓		
Mineiro	✓		
Museus e coleções	✓		

Fonte: Elaborado pela autora

No que se refere ao potencial de utilização, destacam-se os usos científico, turístico e educativo. O uso turístico é, talvez, o mais reconhecido do Morro do Cuscuzeiro, sendo o geossítio considerado o marco e o cartão-postal do município de Analândia, além de ser alvo de praticantes de escalada, *trekking*, montanhismo ou turistas que buscam a observação da paisagem de notável beleza cênica. O local é também constantemente visitado por estudantes e pesquisadores de instituições de ensino, que buscam abordar os aspectos de evolução do relevo da região.

5.5.4 Vulnerabilidade à deterioração

O valor do RD obtido é de 230, configurando-se como um geossítio de médio risco de degradação (Quadro 14).

Quadro 14 - Critérios e parâmetros para o cálculo do risco de degradação do geossítio Morro do Cuscuzeiro.

Critérios	Parâmetros
A) Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos (35%)	2
B) Proximidade a áreas com potencial de degradação (20%)	3
C) Proteção Legal (20%)	3
D) Acessibilidade (15%)	2
E) Densidade Populacional (10%)	1
Risco de Degradação (RD)	230
Categoria (RD)	Médio

Fonte: Elaborado pela autora

Dentre as ameaças levantadas, pode-se citar a susceptibilidade do geossítio aos processos de dinâmica superficial. Sabe-se que os morros testemunhos, por apresentarem grande área de exposição aos agentes intempéricos, tendem a perder o coroamento da camada resistente e desintegrarem-se naturalmente com o passar do tempo.

Além disso, por receber um número elevado de visitantes, o geossítio está sujeito à degradação antrópica, como se nota nos arenitos da base da parede subvertical do morro que são marcados com inscrições e pichações (Figura 26).

Figura 26 - Degradação antrópica em arenitos da Formação Botucatu



Fotos: Fernanda B. Bertuluci, 2017.

Nesse sentido, sabendo-se da importância que o Morro do Cuscuzeiro possui para a comunidade, foi desenvolvido o projeto “Pedra Viva” que, desde 2001, atua com a finalidade de proteger e conservar o local. Algumas medidas tomadas para essa finalidade foram: a organização de trilhas para acesso ao morro, com placas informativas e estruturas de controle de erosão; plantio e conservação das árvores nativas; além do controle de acesso ao público (PERINOTTO, 2007).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos por meio do método quantitativo de Brilha (2016) para o cálculo do risco de degradação devem ser aplicados de forma comparativa entre os geossítios analisados, tanto como forma de verificação da eficácia do método, quanto para nortear medidas de geoconservação. Assim, a priori, as ações de geoconservação devem voltar-se, preferencialmente, para os geossítios com maiores valores de risco de degradação.

No entanto, para essa gestão é importante considerar outros fatores como a relevância científica do geossítio, cuja quantificação foi proposta inicialmente por Brilha (2005). Nesse caso, quanto maior o valor de Q, maior é a relevância do geossítio e, por conseguinte, mais urgente é a necessidade de serem aplicadas estratégias de geoconservação.

Os valores do risco de degradação (RD) e da relevância (Q) dos geossítios analisados neste trabalho encontram-se na Tabela 5.

Tabela 6 - Valores de relevância e risco de degradação dos geossítios.

Geossítio	Quantificação final da relevância do geossítio (Q)	Risco de degradação (RD)	Categoria do risco de degradação
Coquina do Distrito Industrial	25,3 (KOLYA et al., 2016)	375	Alto
Afloramento Pirambóia-Charqueada	25,7 (RIBEIRO et al., 2013)	335	Alto
Afloramento das Três Eras	23,0 (RIBEIRO et al., 2013)	340	Alto
Clarkecaris do Taquaral	21,7 (RIBEIRO et al., 2013)	325	Alto
Morro do Cuscuzeiro	20,7 (RIBEIRO et al., 2013)	230	Médio

Fonte: Elaborado pela autora

Nota-se que, à exceção do geossítio Morro do Cuscuzeiro, todos os demais apresentam alto risco de degradação. Contribui para isso o fato de que tais localidades são facilmente acessíveis, não possuem controle de entrada e situam-se perto de áreas potencialmente degradantes. Nesse sentido, o Morro do Cuscuzeiro difere dos outros pontos, uma vez que se encontra em propriedade particular e possui controle de acesso e estrutura de conservação desenvolvida. Esse geossítio, além do mais, apresenta o menor dos valores de relevância e, portanto, pode ser considerado como de menor prioridade para a aplicação de práticas de proteção.

Por outro lado, o maior valor de risco de degradação pertence ao geossítio Coquina do Distrito Industrial. Este mesmo ponto apresenta também o segundo maior valor de quantificação de relevância. A combinação desses dois fatores demonstra, de forma bastante plausível, que esse geossítio deve ser priorizado por medidas de geoconservação.

Embora o método quantitativo realizado desempenhe uma importante função para a gestão dos geossítios, não se pode descartar uma avaliação qualitativa da situação de tais pontos, a partir do levantamento das principais ameaças à deterioração dos elementos geológicos de interesse.

De forma geral, os resultados obtidos podem ser comparados com outros geossítios na região, desde que se utilize o mesmo método de quantificação. Ademais, ressalta-se que as caracterizações e avaliações realizadas podem ser utilizadas como base para o monitoramento desses pontos, a partir da comparação com situações futuras de tais geossítios.

7 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. *Geomorfologia*, v.53, p.1-23, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. Instituto Geográfico Geológico. Geologia do Estado de São Paulo. IGC, 1964.

ANTONELLO, S. L. *Um sistema de planejamento e gestão para bacias hidrográficas com uso de análise multicritérios*. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo – ESALQ, Piracicaba – SP, 2008.

ASSINE, M. L.; PIRANHA, J. L.; CARNEIRO, C. D. R. Os paleodesertos Piramboia e Botucatu. *In*: NETO, V. M.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D.; BRITO-NEVES, B. B. (Coords.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Ed. Beca, p. 77-92. 2004.

AZEVEDO, Ú. R. de. *Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO*. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2007.

BARBOSA, O. & ALMEIDA, F. F. M. Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão no Estado de São Paulo, Rio de Janeiro, *An. Acad. Bras. Ciênc*, v. 21, n. 1, p. 65-68, 1948.

BRIGHETTI, J. M. P.; CAETANO-CHANG, M. R. Fácies e dunas e lençóis de areia em sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro – SP. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4., 1995, Águas de São Pedro. Resumos... São Paulo, SBG/SP, p. 67, 1995.

BRILHA, J. *Patrimônio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica*. Braga: Palimage Editores, 2005.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, v. 8, n. 2, p. 119–134, 2016.

BRINO, W.C. *Contribuição à definição climática da bacia do Corumbataí e adjacências (SP), dando ênfase à caracterização dos tipos de tempo*. Tese de Doutorado, FAFI – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Rio Claro – SP, 1973.

CAMARGO, J.C.G *Estudo biogeográfico comparativo de uma área de mata natural de encosta e de uma área reflorestada no Estado de São Paulo*. 1988. Teses de Doutorado em Geografia – Unesp, Rio Claro, SP, 1988.

CARNEIRO, C. et al. Dez motivos para a inclusão de temas de Geologia na Educação Básica. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 553-560, 2004.

CATANA, M. M. D. da S. *Valorizar e divulgar o patrimônio geológico do Geopark Naturtejo. Estratégias para o Parque Icnológico de Penha Garcia*. 2008. Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação. Escola de Ciências. Universidade do Minho. Portugal, 2008.

CEAPLA. Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí. Disponível em: <<http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

CHAHUD, A. & FAIRCHILD, T. R. Paleoiçtiofauna presente na transição das formações Tatuí e Taquaral na região de Rio Claro, SP. *Boletim de Resumos e Programa PALEO 2002*, São Paulo: 9. 2002

CHAHUD, A. & PETRI, S. Levantamento inicial dos fósseis vegetais da Fácies Ibicatu, Formação Tatuí (Permiano) do Estado de São Paulo. *Boletim de Resumos Paleo SP 2009*, Guarulhos: 43. 2009.

CHAHUD, A. *Paleontologia de vertebrados da transição entre os grupos Tubarão e Passa Dois (Neopaleozóico) no centro-leste do estado de São Paulo*. 171f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 2007.

CHAHUD, A. *Geologia e paleontologia das formações Tatuí e Irati no centro-leste do estado de São Paulo*. 299f. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP). 2011.

COTTAS, L.R. *Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro - SP*. São Paulo, SP. 171 p., 2 v. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/ USP), 1983.

CUNHA, C.M.L. A influência da morfoestrutura na disposição de morros testemunhos: o caso do setor de cuestas de Analândia (SP). *Revista Geonorte*, Ed. Especial 4, v.10, n.6, p.6-11, 2014.

DAEMON, R. F. & QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozoico da Bacia do Paraná. *Congr. Bras. Geol.*, Brasília, v. 24, p. 359-412, 1970.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 233- 256, 1982.

GARCIA, M. G. M. *et al.* The inventory of geological heritage of the state of São Paulo, Brazil: Methodological basis, results and perspectives. *Geoheritage*. No prelo. 2017.

GESICKI, A. L. D.; SANTUCCI, R.M. Mineração e geoconservação: o sítio paleontológico de Santa Rosa de Viterbo, SP. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 32, n.1/2, p. 41-53, 2011.

GORDON, JR., M. Classification of the gondwanic rocks of Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. *DNPM - DGM*, v. 1, 374-385, 1947.

GRAY, M. Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How? *The George Wright Forum* v. 22, n. 3, p. 4–12, 2005.

GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Ltd., England Hasenack, 2004.

KOFFLER, N.F. Uso das terras da bacia do rio Corumbataí em 1990. *Geografia*, v.18, n.1, p.135-150, abr. 1993.

KOLYA, A. A.; DAVIES, R. R. ; ZAINÉ, J. E. ; BERTULUCI, F. B. . Nova coquina da formação Corumbataí (permiano) no município de Rio Claro (SP) e sua avaliação como geossítio. In: PaleoSP, 2016, Bauru. *Boletim de Resumos*. p. 30, 2016.

KÖPPEN, W. *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. México. Ed. Fondo de Cultura Económica. Versión de Pedro R. Hendrichs, 1948.

LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. 4.ed. São Paulo: Cortez, 2007.

LIMA, F. F. *Proposta Metodológica para a Inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro*. Dissertação de Mestrado em Patrimônio Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho, 2008.

LIMA, M. R.; SAAD, A. R.; CARVALHO, R. G. & SANTOS, P.R. Foraminíferos arenáceos e outros fósseis do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico) da Bacia do Paraná, São Paulo. *Anais 29º Congresso Brasileiro Geologia*, Ouro Preto, 2: 49-65, 1976.

LONGHIM, M. E.; SOUZA, P. A. & ROHN, R. Palinologia do Grupo Itararé (PermoCarbonífero da Bacia do Paraná) na região de Salto, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Resumos XVIII Congresso Brasileiro Paleontologia*, Brasília: 173-174, 2003.

LOPES, L. S. de. O; ARAÚJO, J. L. L. Princípios e estratégias de geoconservação. *Revista Eletrônica de Geografia*, v.3, n.7, p.66-78, 2011.

MANTESSO-NETO, V. *Geodiversidade, geoconservação, geoturismo, patrimônio geológico, geoparque: novos conceitos nas geociências do século XXI.*, 2010.

MARQUES, L. S.; ERNESTO, M. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: V. MONTESSO-NETO; A. BARTORELLI; C. D. R. CARNEIRO; B. B. BRITO-NEVES (Coord.). *Geologia do continente sul-americano*. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Ed. Beca, p.245-263. 2004

MEIRA, S. et al. Interpretação ambiental e geodiversidade: proposta de um painel interpretativo sobre o geossítio Pedra Furada, Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará. 12. *Revista Espaço Aberto*, PPGG - UFRJ, V. 6, n.2, p. 9-27, 2016.

MELO, M.S. *A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neoceno-zóica na Depressão Periférica Paulista*. São Paulo, SP. 144 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP, 1995.

- MENDES, J. C. A Formação Corumbataí na região do rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). *Bol. Fac. Ciênc. e Letras*, 145, Geol., 8, p.1-119. 1952.
- MEZZALIRA, S. Clarkecaris, novo gênero de crustáceo Syncarida do Permiano. São Paulo, *Sociedade Brasileira de Geologia*, p. 46-5, 1952.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozoica do Gondwana Sul-Ocidental*. 255 f. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 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.
- MILLAN, J. H. Sobre a presença de Sphenophyllales no Eo-Gondwana de Monte Mor, Subgrupo Itararé do Estado de São Paulo, Brasil. *Anais 2o Congresso Latino-Americano Paleontologia*, Porto Alegre, 1: 113-126, 1981.
- MUNE, S.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E.; ZAMPIROLI, A. P. & CASTRO FERNANDES, M. C. New sampling of the Sítio Volpe Neo-Carboniferous Taphoflora, Itararé Sub-Group, Monte Mor (SP), Brazil. *Boletim Resumos PALEO 2001*, Rio Claro: 11, 2001.
- NASCIMENTO, A. M. L. do; AZEVEDO, U. R.; MANTESSO-NETO. *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico*. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008.
- NOBRE, M. F. *O zoneamento ecológico-econômico como instrumento de planejamento e gestão ambiental: uma proposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí (SP)*. Tese (Doutorado) – Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro - SP, 2008.
- ONARY-ALVES S.Y et al. O conceito de geoparque no Brasil: reflexões, perspectivas e propostas de divulgação. *Terræ Didática*, v.11, n.2, 2015.
- PAZINATO, G. P. *Crustáceos Malacostraca do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano inferior da Bacia do Paraná: sistemática, tafonomia e paleoecologia*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2017.
- PEREIRA, P. J. da S. *Patrimônio geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação*. Aplicação ao Parque Nacional de Montesinho. 2006. Tese (Doutorado em Ciências – Especialidade em Geologia). Universidade do Minho, Portugal, 2006.
- PEREIRA, R. G. F.de A. *Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)*. 2010, 317 f. Tese (Doutorado em Ciências – Especialidade em Geologia). Universidade do Minho Portugal. 2010.

PERINOTTO, A. R. C. Geoturismo: a caracterização do município de Analândia/SP. Observatório de Inovação do Turismo. *Revista Acadêmica*, vol. III, n.1, 2007.

PERINOTTO, J. A. J.; LINO, I. C. *Geologia, Recursos Minerais e Passivos Ambientais*. Disponível em: <<http://ceapla.rc.unesp.br/atlas/atlas.html>>. Acesso em: 19 de outubro de 2017.

RAGONHA, E. W. *Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo*. 1978. 65 p. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1978.

RIBEIRO, R. et al. Inventário e avaliação do patrimônio natural geológico da região de Rio Claro (SP). *Revista do Instituto Geológico* v. 34, n. 1, p. 1–21, 2013.

RICCOMINI, C. Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da Formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista IG São Paulo*, vol. 18, p. 41-48, 1997.

RICCOMINI, C. *Tectonismo gerador e deformador dos depósitos sedimentares pós-gondvânicos da porção centro-oriental do estado de São Paulo e áreas vizinhas*. 1995. 100f. Tese de Livre- Docência - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ROHN, R.; LAVINA, E. L. Cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois. Rio Claro: UNESP, p.77–80, 1993.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. Ed. Contexto, São Paulo, 1990.

RUCHKYS, U. A. *Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO*. 2007. 209f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SALATI, E. *Análise ambiental sintética e qualidade da água do rio Corumbataí (SP) como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia de drenagem do rio Corumbataí*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos, 1996.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, 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, 1974. *Anais...*, Porto Alegre: SBG, v.1, p. 41-65, 1974.

SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C.R da. *O papel indutor do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques*. Rio de Janeiro: maio/2010. Disponível em: < e-groups.unb.br/ig/sigep/destaques/Schobbenhaus_Silva_2010.pdf >. Acesso em: 09 de agosto de 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). PRINCIPAL/ Gestão Territorial/ Geodiversidade. c2016. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade-162/>>. Acesso em 18 de agosto de 2017.

SHARPLES, C. *Concepts and Principles of Geoconservation*. [S.l: s.n.], 2002.
SILVA, C. A. *Variabilidade das chuvas na bacia do Rio Corumbataí e implicações no consumo e na qualidade das águas no município de Rio Claro*. Dissertação (Mestrado). IGCE/Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro - SP, 2000.

SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. *Fósseis da região de Rio Claro. Rio Claro: Arquivo Municipal*, 1988.

SIMÕES, M.G. & ROCHA-CAMPOS, A. C. Pelecípodes neopaleozóicos da Bacia do Paraná, Brasil: perspectiva bioestratigráfica. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 15, São Paulo. *Boletim de Resumos Expandidos...*São Paulo, p.500-502, 1992.

SOARES, P. C. O limite Glacial - Pós Glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. São Paulo. v. 44 (Suplemento), p. 333-341. 1972.

SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, vol. 48, p.313-324. 1975.

SOFICIER-BADARÓ, V. C.; MEIRA, F. E.; CANELA, S. G.; PEREIRA, S. A.; ROBERTO, P. F. & FAIRCHILD, T. R. - 2010 - Paleoeecologia do ambiente aquático próglacial do Varvito de Itu (neo- Carbonífero, sub-Grupo Itararé). *Resumos Paleo 2010*.

STANLEY, M. Editorial. *Geodiversity Update*, 1, 2001.

TROPPEMAIR, H. Rio Corumbataí – características naturais. In: Semana de Debates sobre Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Piracicaba. Atlas Piracicaba. Consórcio intermunicipal das bacias do Rio Piracicaba e Capivari. DAEE/FUNDAP. São Paulo. 1992.

TROPPEMAIR, H.; MACHADO, M.L.A. Variação da estrutura da mata de galeria na Bacia do rio Corumbataí (SP) em relação à água do solo, tipo de margem e do traçado do rio. *Biogeografia*, n.8, p.1-28, 1974.

VIADANNA, A.G. *Análise de qualidade hídrica do alto e médio Corumbataí (SP) pela aplicação de bioindicadores*. Rio Claro. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 1985.

VIEIRA, A. & MAINGUÉ, E. *Geologia de semi-detelhe do centro-norte do Paraná e sudeste de São Paulo*. PETROBRÁS/DESUL. 49p. Relatório Interno, n. 425, 1972.

WASHBURNE, C.W. Petroleum Geology of State of São Paulo. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, v. 22, p. 1-282, 1930.

- ZAINE, J.E. *Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)*. Rio Claro, SP. 98p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, 1994.
- ZAINE, J.E. *Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método de detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP)*. Rio Claro – SP. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, 2000.
- ZAINE, M. F.; PERINOTTO, J. A. J. *Patrimônios Naturais e História Geológica da Região de Rio Claro - SP*. Rio Claro: Câmara Municipal de Rio Claro e Arquivo Público Histórico do Município de Rio Claro, 1996.
- ZAINE, M. F.; ZAINE, J. E. Patrimônios Naturais de Rio Claro (SP) e Região. In: SARTI, A.C.; MENDET I CERDAN, L. (Org.). *Turismo e Arqueologia: Múltiplos Olhares*. Piracicaba: Equilíbrio, 2009.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: Simpósio Sul- Brasileiro De Geologia, 3., 1987, São Paulo. *Atas...* São Paulo: SBG, p. 441-477. 1987.
- ZAMPIROLI, A. P.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C. & SOUZA, P. A. Levantamento da composição e sucessão paleoflorísticas do Neo-Carbonífero / Eo-Permiano (Grupo Tubarão) no Estado de São Paulo. II-1- Considerações sobre a tafoflora de pré- glossopterídeas de Itapeva, Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. *Boletim Resumos XVI Congresso Brasileiro Paleontologia*, Crato: 127- 128, 1999.
- ZOUROS, N. The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development. *Episodes*, v. 27, n. 3, p. 165-171, 2004.