



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Rio Claro



Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia

ESTRATÉGIAS DE GEOCONSERVAÇÃO APLICADAS AO PATRIMÔNIO
GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO IRATI (PERMIANO) NO MUNICÍPIO DE RIO
CLARO (SP), DISTRITO DE ASSISTÊNCIA

André de Andrade Kolya

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)
2015

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

ANDRÉ DE ANDRADE KOLYA

ESTRATÉGIAS DE GEOCONSERVAÇÃO APLICADAS AO
PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO IRATI (PERMIANO) NO
MUNICÍPIO DE RIO CLARO (SP), DISTRITO DE ASSISTÊNCIA

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

Rio Claro – SP
2015

550
K81e

Kolya, André de Andrade

Estratégias de geoconservação aplicadas ao patrimônio geológico da Formação Irati (Permiano) no município de Rio Claro (SP), distrito de Assistência / André de Andrade Kolya.
- Rio Claro, 2015

63 f.: il., figs., gráfs., quadros, fots., mapas, plant. + 1 DVD
+ 1 folder + 1 Poster

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

1. Geologia. 2. Geodiversidade. 3. Bacia do Paraná. 4. Mesossaurídeo. 5. Geossítio. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da
UNESP Campus de Rio Claro/SP

ANDRÉ DE ANDRADE KOLYA

ESTRATÉGIAS DE GEOCONSERVAÇÃO APLICADAS AO
PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO IRATI (PERMIANO) NO
MUNICÍPIO DE RIO CLARO (SP), DISTRITO DE ASSISTÊNCIA

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

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (orientador)

Prof. Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto

Dra. Raquel Bovo

Rio Claro, 18 de dezembro de 2015.

André de Andrade Kolya

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela criação do universo e pelo dom da vida.

Ao Professor Doutor José Eduardo Zaine, pela orientação e confiança que possibilitaram a realização deste trabalho.

À Professora Doutora Mariselma Ferreira Zaine, pela minuciosa correção, pelas sugestões, pelo carinho e pela oportunidade de participar das atividades de estudo do meio.

À Prefeitura Municipal de Rio Claro, pelo interesse na conservação do patrimônio geológico e pela oportunidade de estágio, especialmente, à Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA), na pessoa de sua Secretária Olga Salomão e da Diretora Raquel Bovo, pela vontade política.

A toda a equipe que contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Prof. Dr. José Alexandre Perinotto, pela iniciativa. Ao Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis, pela orientação geotécnica. A João Partezani Bellato, por abrir as portas da empresa Partecal para a realização deste trabalho. À Camila Moreno de Camargo e ao Gabriel Barrelo, pelo projeto arquitetônico. Ao Prof. Dr. Guillermo Rafael Beltran Navarro, a Cibele Carolina Montibellere e Laís Jacconi, pela ajuda com as fotografias de amostras dos museus. E a Lia Garpelli, pelo companheirismo.

Aos colegas do Laboratório de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente, em especial ao Flávio, pela ajuda e paciência nos momentos de dúvidas e à Priscila, pelo apoio moral.

Aos funcionários do Departamento de Geologia Aplicada, do Departamento de Petrologia e Mineralogia, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas e da Biblioteca do campus, pelo apoio técnico e operacional.

Aos meus pais, Mirna e Elek, que muito se dedicaram à minha educação, me preparando para enfrentar cada desafio. Aos meus irmãos Marina e Érico, pelo amor fraternal e pela cumplicidade.

Aos demais amigos e colegas que estiveram presente apoiando, incentivando e contribuindo, direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

Nem todos são chamados a trabalhar de forma direta na política, mas no seio da sociedade floresce uma variedade inumerável de associações que intervêm em prol do bem comum, defendendo o meio ambiente natural e urbano. Por exemplo, preocupam-se com um lugar público (um edifício, uma fonte, um monumento abandonado, uma paisagem, uma praça) para proteger, sanar, melhorar ou embelezar algo que é de todos. Ao seu redor, desenvolvem-se ou recuperam-se vínculos, fazendo surgir um novo tecido social local. Assim, uma comunidade liberta-se da indiferença consumista. Isto significa também cultivar uma identidade comum, uma história que se conserva e transmite. Desta forma cuida-se do mundo e da qualidade de vida dos mais pobres, com um sentido de solidariedade que é, ao mesmo tempo, consciência de habitar numa casa comum que Deus nos confiou. Estas ações comunitárias, quando exprimem um amor que se doa, podem transformar-se em experiências espirituais intensas (PAPA FRANCISCO, 2015).

RESUMO

Este trabalho faz uso da geoconservação como forma de proteção, valorização e divulgação do patrimônio geológico da Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná, no distrito de Assistência, município de Rio Claro (SP). O método utilizado é baseado nas estratégias de geoconservação, que envolvem: inventariação, quantificação, classificação, conservação, valorização/divulgação e monitorização. Como resultado da inventariação, foi elaborada a caracterização geral e geológica da área de estudo. A partir da quantificação dos valores do patrimônio geológico, a área de estudo foi classificada como um geossítio de relevância internacional/nacional. Na etapa de classificação, foi identificado o arcabouço jurídico que deve ser utilizado para a proteção legal da área. Como forma de conservação, foi proposta a visitação controlada do geossítio. As estratégias de valorização e divulgação propostas incluem: a criação de um parque geológico, a caracterização do público-alvo, a elaboração de materiais interpretativos e roteiros geoturísticos e a confecção de réplicas de fósseis. A estratégia de monitorização proposta prevê vistorias periódicas para avaliar o grau de degradação do geossítio. A aplicação das estratégias de geoconservação aqui indicadas deve produzir efeitos positivos para a sociedade, como: o fomento do geoturismo; a criação de um equipamento de estudo, pesquisa e lazer; a proteção física do patrimônio geológico, e a disseminação do conhecimento sobre a geodiversidade.

Palavras-chave: Geoconservação. Geodiversidade. Geossítio. Formação Irati.

ABSTRACT

This work uses geoconservation as a tool for the protection, valuing and disclosure of the Irati Formation geoh heritage, Permian of the Paraná Basin, at the district of Assistência, city of Rio Claro (SP). The method used was based on geoconservation strategies, which include: inventory, evaluation, classification, conservation, valuing/disclosure and monitoring. As the result of the inventory, the basic and geological characterization of the study area was made. As to the evaluation of the geoh heritage's value, it is calculated that the study area has international/nacional significance. The juridical framework used for the legal protection of the study area was identified during the classification phase. As a mean of conservation, it is suggested that the geosite must have limited visitation. The valuing/disclosure strategies include: the creation of a geological park, the description of the diferent visitor types, the production of interpretative provision, the creation of geoturistic routes, and the making of fossil replicates. The monitoring phase includes periodic inspections of the geosite pro evaluate the site's degradation. The use of the geoconservation strategies, as proposed, will bring positive effects to the society, as: the promotion of geoturism, a cration of a study, research and leisure equipment, the physical protection of Irati's Formation geoh heritage and the spread of the knowledge of the concept geodiversity.

Keywords: Geoconservation. Geodiversity. Geosite. Irati Formation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo.....	30
Figura 2 – Imagem aérea, configuração e ocupação da área de estudo.....	31
Figura 3 – Fluxograma de fases, etapas e produtos de trabalho.....	32
Figura 4 - Fluxograma relacionando as várias fases de implementação de uma estratégia de geoconservação em áreas limitadas	36
Figura 5 - Divisão geomorfológica do estado de São Paulo.....	49
Figura 6 - Seção geológica esquemática do Estado de São Paulo.....	50
Figura 7 - Localização da Bacia do Rio Corumbataí	51
Figura 8 - Seção topográfica do Rio Corumbataí, da nascente em Analândia, à foz no bairro Santa Terezinha em Piracicaba	52
Figura 9 - Médias mensais históricas de precipitação e temperatura ao longo dos anos na Bacia do Rio Corumbataí	53
Figura 10 - Localização da Bacia do Paraná.....	54
Figura 11 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro (SP) .	55
Figura 12 - Mapa geológico regional da área de estudo	56
Figura 13 - Estratigrafia da área de estudo	61
Figura 14 - Mapa geológico de detalhe e seção geológica da área de estudo.....	62
Figura 15 - Detalhe das fácies do topo da Formação Tatuí: siltitos cinzas plano paralelos lenticulares sob arenitos conglomeráticos ricos em sílex. Ponto 4 - X: 233.926; Y: 7.508.561; e Z: 543.....	63
Figura 16 - Detalhe das fácies da base do Membro Taquaral (Formação Irati): Argilitos e folhelhos plano-paralelos sobre arenitos conglomeráticos. Ponto 4 - X: 233.926; Y: 7.508.561; e Z: 543	63
Figura 17 - Folhelhos alterados do Membro Assistência da Formação Irati sob pilha de aterro. Ponto 1 - X: 234.103; Y: 7.508.888; e Z: 532.....	64
Figura 18 - Detalhe das 3 principais famílias de fratura presentes no ponto 3. X: 233.743; Y: 7.508.853; e Z: 562.....	65
Figura 19 - Esteriograma de planos em rede equiárea, hemisfério inferior, mostrando a direção das 3 principais famílias de fratura no ponto 3. N = 6.....	65

Figura 20 - Rochas da base da Formação Corumbataí em contato erosivo com sedimentos cenozoicos aluvionares da Formação Rio Claro. Ponto 3 - X: 233.743; Y: 7.508.853; e Z: 562	66
Figura 21 - Correlação estratigráfica entre as bacias do Paraná (Brasil) e do Karoo (África do Sul) com destaque para as formações Whitehill e Irati	68
Figura 22 - Fóssil de <i>Stereosternum tumidum</i> , réptil mesossaurídeo em rocha calcária	69
Figura 23 - Reconstrução do esqueleto de <i>Stereosternum tumidum</i>	69
Figura 24 - Reconstituição paleogeográfica do continente Gondwana na região do mar Irati-Whitehill no período Permiano	71
Figura 25 - Interpretações paleoambientais feitas a partir do estudo tafonômico de exemplares fósseis de mesossaurídeos	72
Figura 26 – Agregado de piratas em folhelho da Formação Irati.....	73
Figura 27 – Pirita da Formação Irati em forma de cachorro	73
Figura 28 – “Boneca” de sílex da Formação Irati, com aproximadamente 25 centímetros de comprimento.....	74
Figura 29 - Reações do calcário no solo para correção da acidez	75
Figura 30 - Relação entre a dosagem equivalente de carbonato de cálcio e o incremento do pH do solo	76
Figura 31 – Lavras ativas de calcário na região de Assistência	77
Figura 32 - Histórico da produção (azul) e consumo (laranja) de calcário agrícola no Brasil, entre 1987 e 2014	78
Figura 33 – Uso da marmorina na construção civil.....	79
Figura 34 - Residência do município de Rio Claro, mostrando fachada revestida por marmorina	80
Figura 35 - A: Principais reservas mundiais de hidrocarbonetos em folhelhos; B: Unidades fontes das reservas brasileiras de hidrocarboneto em folhelhos.....	81
Figura 36 - Monteiro Lobato em torre da Companhia Petróleos do Brasil.....	82
Figura 37 – Uso e ocupação do solo na área de estudo	83
Figura 38 - Pontas de projéteis confeccionados com sílex, da coleção João Boër ..	84
Figura 39 - Bandeira do curso de geologia de UNESP de Rio Claro, tendo como símbolo o mesossaurídeo <i>Stereosternum tumidum</i>	86

Figura 40 - Relação entre os diferentes tipos de materiais interpretativos e o público alvo.....	94
Figura 41 - Planta do projeto inicial do parque municipal	99
Figura 42 - Perspectiva artística do talude rochoso com rampa de acesso que permite a acessibilidade junto a um contato próximo com a rocha	100
Figura 43 - Aluno da UNESP monitorando atividade de estudo do meio na Formação Irati para alunos e professores de um colégio de Campinas.....	102
Figura 44 – Réplica de fósseis de mesossaurídeos da Formação Irati	105
Figura 45 - Monumentos geológicos em um raio de 100 km de Rio Claro (SP)	107

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 Justificativa	28
1.2 Objetivos	29
1.3 Área de Estudo	29
2 MATERIAIS E MÉTODOS	32
2.1 Levantamento de dados.....	33
2.2 Tratamento dos dados	35
2.3 Definição das estratégias de geoconservação.....	35
2.3.1 Inventariação	37
2.3.2 Quantificação	37
2.3.3 Classificação.....	40
2.3.4 Conservação.....	41
2.3.5 Valorização e divulgação	41
2.3.6 Monitorização.....	42
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	43
3.1 Geodiversidade.....	43
3.1.1 Valores da Geodiversidade.....	45
3.1.2 Ameaças à geodiversidade.....	47
3.2 Geoconservação	48
4 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	49
4.1 Geomorfologia	49
4.2 Hidrologia.....	51
4.3 Clima.....	53
4.4 Geologia Regional	54
4.4.1 Grupo Itararé	56
4.4.2 Formação Tatuí.....	57

4.4.3 Formação Irati.....	57
4.4.4 Formação Corumbataí	59
4.4.5 Formação Rio Claro.....	59
5 RESULTADOS.....	61
5.1 Geologia Local	61
5.2 Valores da geodiversidade para a Formação Irati na região de Rio Claro.....	66
5.2.1 Unidade isócrona transcontinental – Valor científico/educativo	67
5.2.2 Répteis mesossaurídeos – Valor estético e científico/educativo	68
5.2.3 Cristais de pirita e nódulos e camadas de sílex – Valor estético e científico/educativo.....	72
5.2.4 Calcário Agrícola – Valor cultural e econômico	75
5.2.5 Marmorina na construção civil – Valor cultural e econômico	79
5.2.6 Folhelho pirobetuminoso – Valor cultural e econômico.....	80
5.2.7 Uso e ocupação do solo – Valor funcional.....	83
5.2.8 Artefatos líticos pré-históricos - Valor cultural e científico/educativo.....	84
5.2.9 Curso de graduação em geologia de UNESP Campus de Rio Claro – Valor cultural e científico/educativo	85
5.2.10 Visitações aos afloramentos da Formação Irati – Valor científico/educativo	87
5.2.11 Síntese dos valores da diversidade para a Formação Irati na área de estudo	87
5.3 Quantificação e significado	88
5.4 Classificação.....	91
5.5 Conservação.....	93
5.6 Valorização e Divulgação.....	94
5.6.1 Público-alvo	94
5.6.2 Parque Geológico do Calcário Irati.....	97
5.6.3 Visitas guiadas na área.....	101

5.6.4 Material de interpretação e divulgação	102
5.6.5 Confeção de réplicas de fósseis	104
5.6.6 Coordenação com outros geossítios.....	105
5.7 Monitorização.....	108
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A - <i>Folder</i> acerca da ocorrência de répteis mesossaurídeos da Formação Irati no Distrito de Assistência, Rio Claro (SP)	119
APÊNDICE B - Painel ilustrativo da teoria da deriva continental a partir das evidências fornecidas por dados estratigráficos e paleontológicos da Formação Irati.....	121
APÊNDICE C - DVD mostrando a evolução do uso e ocupação do solo no Distrito de Assistência, Rio Claro (SP), entre 1962 e 2015	123

1 INTRODUÇÃO

A geoconservação é uma temática cuja importância vem sendo amplamente reconhecida desde o início do século XXI (MANTESSO-NETO, 2010). As primeiras iniciativas neste sentido tiveram início na Europa dos anos 1960, ganhando força a partir da década de 1980 (HENRIQUES et al., 2011). No Brasil, as ações relacionadas à valorização e divulgação da geoconservação encontram-se em elevada ascensão, apesar dos inúmeros desafios (FUEZI, 2010; OLIVEIRA, 2014).

Sharples (2002) define geoconservação como a conservação da geodiversidade pelo seu valor intrínseco, ecológico e geopatrimonial.

Geodiversidade, por sua vez, foi definido por Stanley (2000, p. 15) como:

Geodiversidade é o resultado de processos interativos dinâmicos, que envolvem a paisagem, fauna, flora e as culturas humanas, que ditaram os locais onde as pessoas se fixaram e desenvolveram aldeias, vilas, cidades, indústrias, estradas e a forma como os recursos foram utilizados.

Outro conceito relevante neste trabalho é o termo geossítio, definido por Brilha (2005) como a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade, bem delimitado geograficamente e que apresente valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, ou outro.

A geoconservação é amparada nacional e internacionalmente por uma série de instrumentos jurídicos. A Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, se destaca por instituir o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão de áreas naturais preservadas (PEREIRA, RICARDO FRAGA; BRILHA; MARTINEZ, 2008).

Entre os objetivos do SNUC destacam-se: “proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural”; “(...) proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental”; e “favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico” (art. 4, incisos VII, X e XII).

A Formação Irati é uma unidade sedimentar permiana, geologicamente situada no domínio do Grupo Passa Dois da Bacia Sedimentar do Paraná. A unidade é constituída, essencialmente, por folhelhos e dolomitos. É considerada um marco

estratigráfico (uma camada guia) devido ao conteúdo fossilífero, homogeneidade litológica e persistência lateral (AMARAL, 1971; HACHIRO, 1996).

Um exemplo concreto de conservação da geodiversidade ocorreu no sítio paleontológico da mina de Santa Rosa de Viterbo. Em 2007, um Auto de Interdição do DNPM garantiu que uma área de ocorrência de belos exemplares de estromatólitos na pedreira fosse interdita. A lavra no restante da mina não foi prejudicada e a empresa responsável ainda contribuiu com a implementação de melhorias de infraestrutura para os visitantes do local (GESICKI; SANTUCCI, 2011).

1.1 Justificativa

Martins Neto e Ramalho (2010) afirmam que a Formação Irati se transformou em uma unidade geológica notável no mundo paleontológico, pela presença de fósseis do réptil *Stereosternum tumidum*, similar a *Mesosaurus tenuidens* do sul da África, apoiando a hipótese da deriva continental, concebida por Alfred Wegener em 1915. Sobre uma pedreira abandonada de calcário dolomítico da Formação Irati, pertencente à empresa Partecal Partezani Calcários Ltda., os autores colocam:

No caso específico do quilômetro quadrado apontado nesse trabalho, por que não tombá-lo como patrimônio científico, já que economicamente foi abandonado? Por que entulhá-lo após anos de contribuição financeira às empresas e científica aos pesquisadores e alunos? Por que não tal transformá-lo, após limpo, em um parque científico, uma verdadeira escola a céu aberto ao invés de um lixão? Esse quilômetro quadrado pode não ter mais interesse econômico, mas científico certamente o tem. Não se podem tomar todas as frentes de trabalho extrativistas, mas que tal começar por esta? (MARTINS NETO; RAMALHO, 2010, p. 41).

Dada à necessidade de preservação e divulgação da geodiversidade e à relevância do patrimônio geológico da Formação Irati no município de Rio Claro (SP), este trabalho pretende fornecer subsídios à geoconservação da Formação Irati.

Destaca-se, aqui, o apoio da Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente (SEPLADEMA) do município de Rio Claro, empregando esforços para a preservação e divulgação do patrimônio geológico da Formação Irati na região. Também contribuiu para este trabalho a empresa Partecal Partezani Calcários Ltda., com o fornecimento de informações, participação em reuniões e visitas à área.

1.2 Objetivos

A partir do panorama apresentado, o objetivo deste trabalho é fornecer subsídios e analisar a implantação de um parque geológico, como forma de recuperação de uma pedreira de calcário dolomítico da Formação Irati, no distrito de Assistência (Rio Claro – SP).

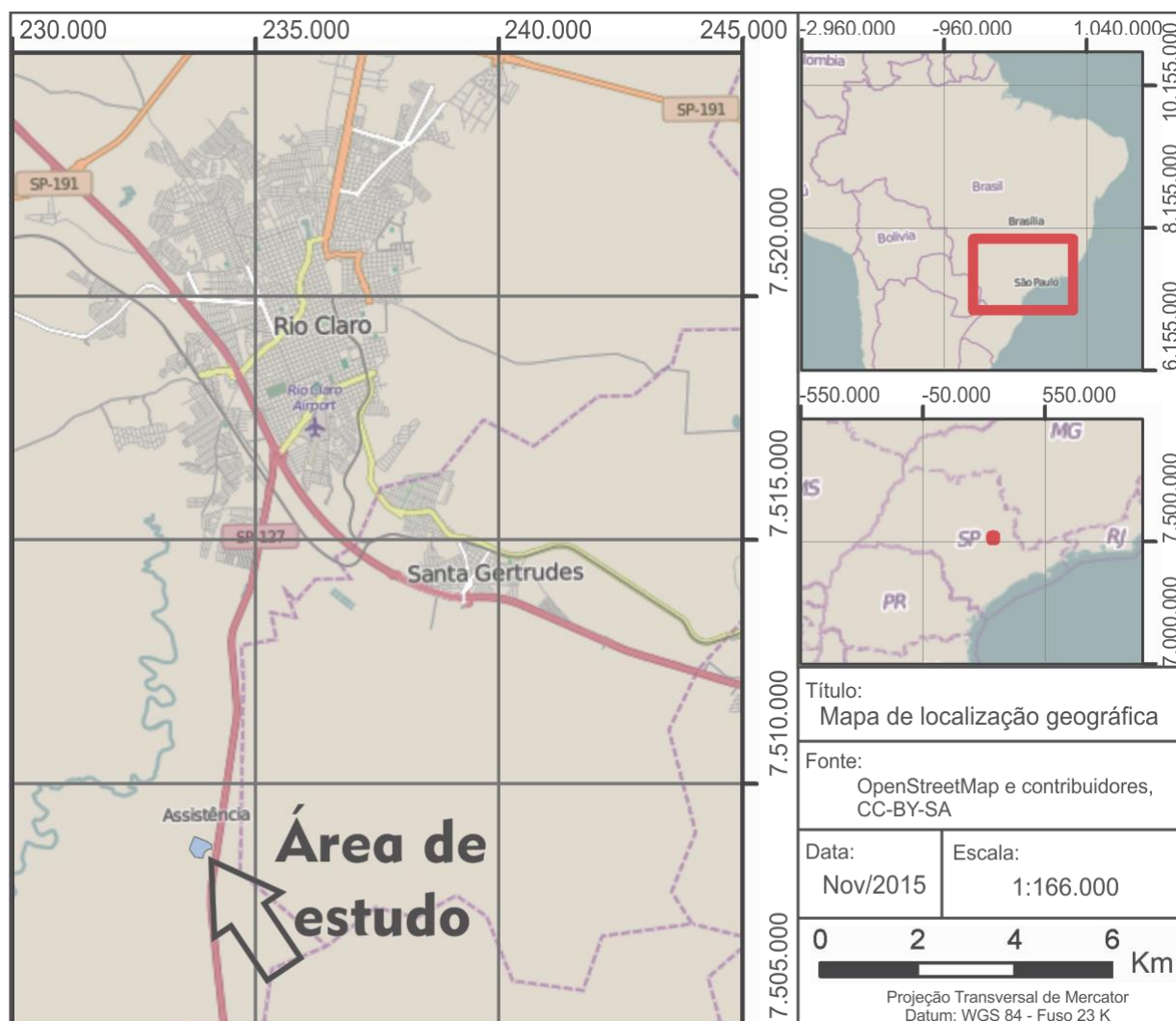
Como objetivos específicos podem ser colocados:

- a) Caracterizar o meio físico e a geodiversidade da área de estudo;
- b) Avaliar estratégias de geoconservação para a Formação Irati, e
- c) Elaborar diretrizes para a gestão geoturística da área recuperada.

1.3 Área de Estudo

A área de estudo está situada no distrito de Assistência, município de Rio Claro, estado de São Paulo. O local está situado a poucos metros da rodovia Fausto Santomauro (SP-127), principal ligação entre Rio Claro e Piracicaba (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo



Fonte: OpenStreetMap (2015)

O terreno possui 100.000 m², divididos em 50.000 m² de Área de Reserva Legal (ARL) e 10.000 m² de Área de Preservação Permanente (APP), correspondente à faixa de 30 m marginal aos Córregos Santa Cruz e Assistência, no limite sudeste da área (Figura 2).

Figura 2 – Imagem aérea, configuração e ocupação da área de estudo



Fonte: Google Earth (2014)

Atualmente, o terreno é de propriedade da Partecal Partezani Calcários Ltda., que pretende extrair calcário dolomítico no local. A lavra está cadastrada no Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), sob o número 820.887/2015 (antigo 820.588/2014), atualmente na fase de Requerimento de Licenciamento.

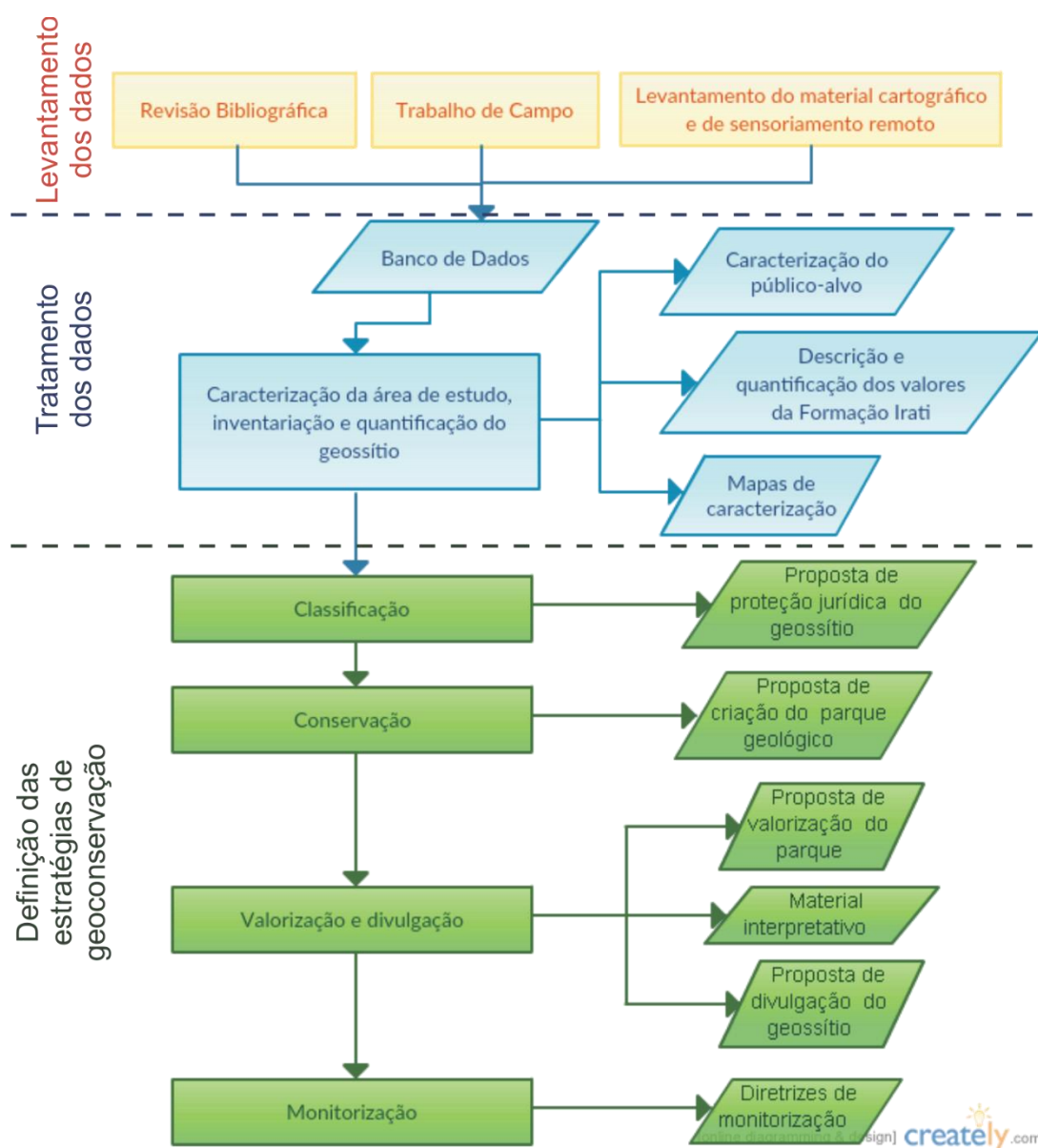
A empresa aguarda autorização da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) para o início da operação minerária.

Após a lavra, a área deverá ser concedida à Prefeitura Municipal de Rio Claro para a implantação de um parque geológico, conforme descrito na seção de resultados deste trabalho.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição dos materiais e métodos apresentada a seguir está dividida em três fases: levantamento dos dados; tratamento dos dados, e definição das estratégias de geoconservação. Cada fase está subdividida em etapas organizadas cronologicamente conforme o fluxograma da Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma de fases, etapas e produtos de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Com exceção da etapa de campo, todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente (GEMA) do Departamento de Geologia Aplicada (DGA) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Rio Claro.

2.1 Levantamento de dados

A etapa de levantamento de dados consistiu na revisão bibliográfica e composição da fundamentação teórica necessária a embasar o estudo, aquisição de material cartográfico e de sensoriamento remoto e trabalhos de campo.

O escopo da revisão bibliográfica compreendeu duas grandes temáticas: a geodiversidade (*lato sensu*) e os aspectos do meio físico da Bacia do Paraná e da Formação Irati – contexto geológico da área de interesse. O material bibliográfico consultado foi composto por teses, livros, artigos científicos, mapas topográficos, mapas temáticos, descrições geológicas, descrições de roteiros geológicos, comunicações pessoais e outros recursos audiovisuais.

Palavras-chave referentes às temáticas do estudo foram selecionadas para a pesquisa da bibliografia. Entre as expressões mais relevantes, podem ser citadas: geodiversidade; geoconservação; patrimônio geológico; sítio geológico; geoturismo; gestão territorial; Rio Claro; Calcário Irati; Mesosauridae; Formação Irati; Membro Assistência; Bacia do Paraná; Gondwana, e Permiano. Estes termos foram buscados junto às bases de dados, como o Portal de Periódicos da Capes, a *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), o *GeoScienceWorld*, o portal GeoDados, o portal GeoRef, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e as bibliotecas digitais de teses e dissertações das principais universidades brasileiras (UNESP, USP, UFRJ, UFMG).

Como material cartográfico e de sensoriamento remoto, foram utilizadas as bases cartográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1979), folhas 066/090 e 067/090 em escala 1:10.000 (detalhe); Carta de Mapeamento Planialtimétrico (2013) do Sítio São João (área de estudo) em escala 1:1.000 (ultra detalhe); imagens Landsat 2014 do *software Google Earth* com 15 m por *pixel* de resolução; e fotografias aéreas do Distrito de Assistência de levantamentos referentes aos anos de: 1962 (1:25.000), 1965 (1:60.000), 1972 (1:25.000), 1978 (1:35.000) e 1995 (1:25.000).

As etapas de revisão bibliográfica e consulta ao material cartográfico e de sensoriamento remoto foram desenvolvidas desde o início do trabalho de pesquisa, possibilitando a definição dos objetivos, justificativas e métodos de trabalho. A consulta a estes materiais prosseguiu até a fase final de redação do estudo. As informações não descritas na bibliografia e necessárias à realização do trabalho foram obtidas durante os trabalhos de campo.

Foram realizadas diversas visitas de campo durante o desenvolvimento do estudo, com o objetivo de coletar informações sobre o meio físico, os valores da geodiversidade e a aplicação de estratégias de geoconservação. Os locais visitados foram:

- Área de estudo;
- Área correlata de mineração de calcário que recebe a visita de estudantes, próxima à área de estudo;
- Parque do Varvito em Itu – SP, e
- Área urbana do município de Rio Claro.

Para a caracterização do meio físico, o método aplicado no trabalho de campo foi adaptado a partir do escopo da disciplina Mapeamento Geológico de Áreas Sedimentares, ministrada junto ao curso de Geologia do IGCE da UNESP. Os procedimentos adotados incluíram revisão bibliográfica, identificação e descrição de feições sedimentológicas, estruturais e estratigráficas, e confecção de mapas, seções, perfis e relatório (IGCE, 2013)

Adicionalmente, foram reunidas informações de caracterização do patrimônio geológico, para a identificação e quantificação do seu valor geopatrimonial. Para a coleta de dados sobre os valores da Formação Irati e as estratégias de geoconservação, foram utilizados os métodos de inventariação do patrimônio geológico, conforme definidos por Brilha (2005). A definição do público-alvo foi realizada a partir de dados de visitantes em uma frente de lavra ativa da pedreira Partecal e cedidos pela empresa, além da realização de entrevistas com dois docentes, um de escola particular de Campinas acompanhando alunos de quinto ano e de um professor do curso de Geologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Como produto da fase de levantamento bibliográfico, foi criado um banco de dados referentes à Formação Irati e à temática da geoconservação.

2.2 Tratamento dos dados

O material bibliográfico coletado foi arquivado, organizado e tratado com o auxílio da ferramenta de banco de dados do *software Mendeley Desktop* 1.14. Desta forma, as referências foram classificadas e disponibilizadas para consulta durante toda a duração do trabalho de forma integrada.

Os dados coletados durante as etapas de campo foram organizados em tabelas criadas com o auxílio do *software Microsoft Office Excel* 2013. Esquemas e ilustrações das observações de campo, bem como o tratamento digital das fotografias, foram elaborados a partir dos *softwares Adobe Lightroom* 5.3 e *Adobe Illustrator* CS6.

O material cartográfico e de sensoriamento remoto foi vetorizado e tratado a partir do uso integrado dos *softwares ArcGIS* 10.1 e *Corel Draw* X7. Os mapas e as imagens criados nesta fase de trabalho serviram como produtos auxiliares na interpretação e integração dos dados. Como produtos, foram gerados o mosaico de imagens aéreas da área de estudo e o mapa geológico do Sítio São João na escala 1:30.000.

2.3 Definição das estratégias de geoconservação

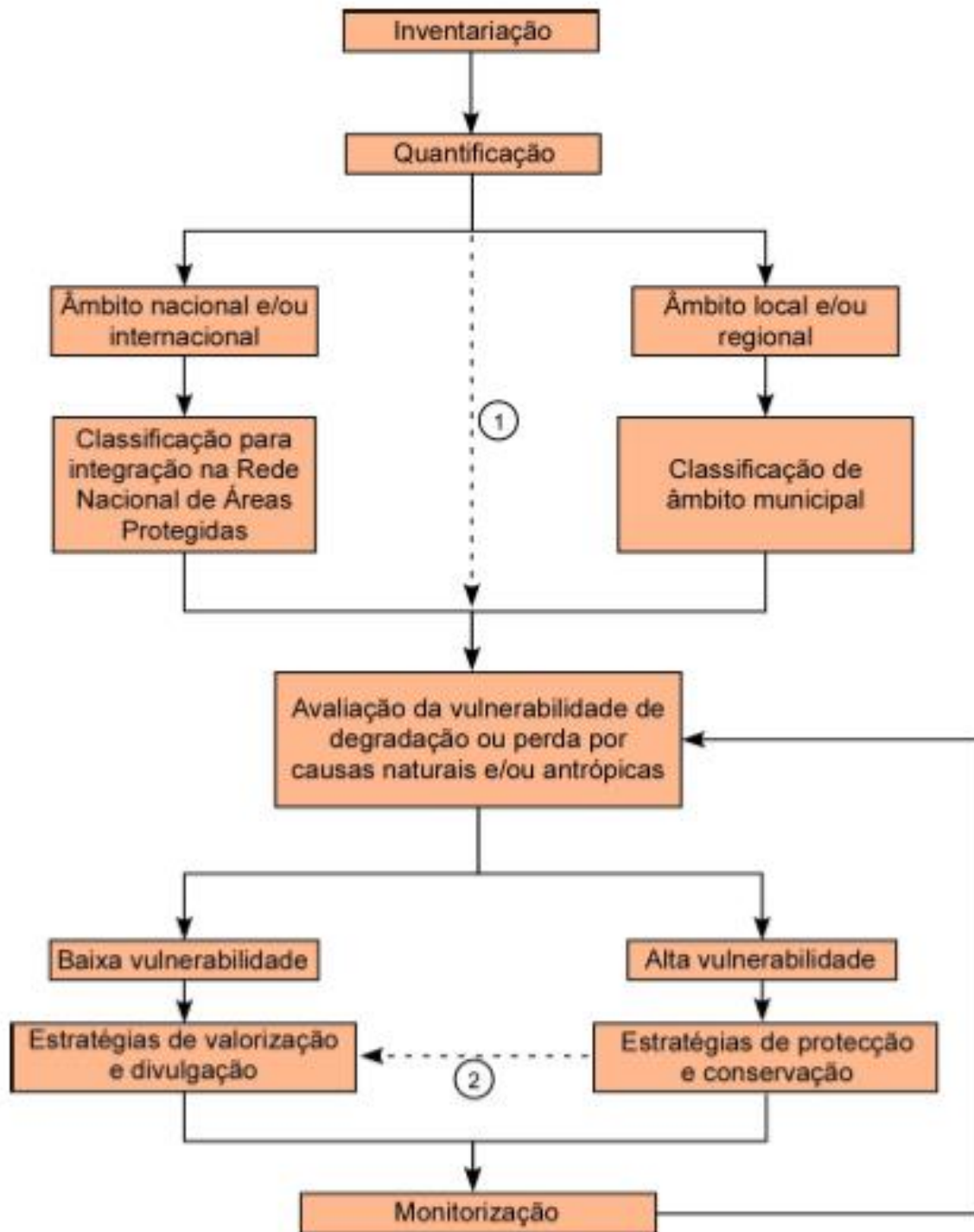
Como forma de sistematizar e concretizar a prática da geoconservação, foi aplicado o método de Brilha (2005), que consiste em uma série de tarefas que são agrupadas em seis etapas sequenciais:

1. Inventariação
2. Quantificação
3. Classificação
4. Conservação
5. Valorização/Divulgação
6. Monitorização

As estratégias de geoconservação foram planejadas, levando-se em consideração as características e particularidades dos meios natural e antrópico. A proposta de aplicação do método de Brilha (2005) na área de estudo está representada no fluxograma da

Figura 4, descrita a seguir.

Figura 4 - Fluxograma relacionando as várias fases de implementação de uma estratégia de geoconservação em áreas limitadas



Fonte: Brilha (2005)

A seta 1 significa que os geossítios que não são objeto de classificação devem ser contemplados pela estratégia numa fase posterior. A seta 2 significa que os geossítios de alta vulnerabilidade podem ser submetidos a estratégias de valorização e divulgação se tiverem sido eliminados os riscos de degradação ou perda.

2.3.1 Inventariação

A inventariação é a etapa de caracterização básica do geossítio. Informações dos aspectos físicos e do contexto geográfico da região onde o geossítio está localizado foram levantadas em pesquisa bibliográfica e em consulta aos responsáveis pela área. Adicionalmente, realizou-se um levantamento de campo para a coleta de dados do meio físico, contemplando os seguintes aspectos:

- Localização e acesso ao geossítio;
- Condições e dimensões do local;
- Regime de propriedade;
- Elementos de interesse da geodiversidade;
- Caracterização do meio físico, e
- Levantamento fotográfico.

As informações levantadas durante o processo de inventariação de um geossítio devem constar no documento de proposição do local como um sítio de geoconservação.

2.3.2 Quantificação

O processo de quantificação visa estabelecer o valor ou a relevância do geossítio, justificando sua conservação e formando uma base de comparação entre outros exemplares do patrimônio geológico. Para uma análise criteriosa e objetiva da relevância de um geossítio, utilizou-se o método proposto por Ribeiro et al. (2013), o qual foi adaptado do método de Brilha (2005) com vistas à quantificação do patrimônio geológico da região de Rio Claro.

Foram estabelecidos 22 critérios classificados em Valor Intrínseco (A1-A9), Uso Potencial (B1-B7) e Necessidade de Proteção (C1-C6). Os critérios são quantificados numa escala de 1 a 5, a depender das características do geossítio quantificado. Os critérios e seus valores são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Critérios e valores de quantificação de geossítios para a região de Rio Claro

A. CRITÉRIOS INTRÍNSECOS AO GEOSSÍTIO	
A.1 - Abundância/raridade	5 - Só existe um exemplo na área de análise; 4 - Existem 2-4 exemplos; 3 - Existem 5-10 exemplos; 2 - Existem 11-20 exemplos; 1 - Existem mais de 20 exemplos.
A.2 - Extensão (m²)	5 - Superior a 1.000.000; 4 – 100.000 a 1.000.000; 3 – 10.000 a 100.000; 2 - 1.000 a 10.000; 1 - Menor que 1.000.
A.3 - Grau de conhecimento científico	5 - Mais de uma tese de doutoramento/mestrado e mais de um artigo publicado em revista internacional; 4 - Pelo menos uma tese de doutoramento/mestrado ou mais de um artigo publicado em revista internacional ou mais de cinco artigos publicados em revistas nacionais; 3 - Pelo menos um artigo publicado em revista internacional ou quatro artigos publicados em revistas nacionais; 2 - Algumas notas breves publicadas em revistas nacionais ou um artigo publicado em revistas regionais/locais; 1 - Não existem trabalhos publicados.
A.4 - Utilidade como modelo para ilustrar processos geológicos	5 - Público geral; 3 - Público com algum conhecimento geológico; 2 - Público com formação geológica; 1 - Público com formação geológica e com especialização em determinado conteúdo geológico
A.5 - Diversidade de elementos de interesse presentes	5 - Cinco ou mais tipos de interesse; 4 - Quatro tipos de interesse; 3 - Três tipos de interesse; 2 - Dois tipos de interesse; 1 - Um tipo de interesse.
A.6 - Local-tipo	5 - É reconhecido como um local-tipo na área em análise; 3 - É reconhecido como local-tipo secundário; 1 - Não é reconhecido como local-tipo.
A.7 - Associação com elementos de índole cultural	5 - Existem no local ou nas suas imediações evidências de interesse arqueológico e de outros tipos; 4 - Existem evidências arqueológicas e de algum outro tipo; 3 - Existem vestígios arqueológicos; 2 - Existem elementos de interesse não arqueológico; 1 - Não existem outros elementos de interesse.
A.8 - Associação com outros elementos do meio natural	5 - Fauna e/ou flora ameaçada de extinção, conforme listas oficiais das espécies em risco; 4 - Rota migratória de espécies da fauna; 3 - Flora situada em Área de Preservação Permanente; 2 - Flora primária ou em estágio avançado de regeneração; 1 - Ausência de outros elementos naturais de interesse.
A.9 - Estado de conservação	5 - Perfeitamente conservado, sem evidências de deterioração; 4 - Alguma deterioração; 3 - Existem escavações, acumulações ou construções mas que não impedem a observação das suas características essenciais; 2 - Existem numerosas escavações, acumulações ou construções que deterioram as características de interesse do geossítio; 1 - Fortemente deteriorado.
B. CRITÉRIOS RELACIONADOS COM O USO DO GEOSSÍTIO	
B.1 - Possibilidade de realizar atividades	5 - É possível realizar atividades científicas e pedagógicas; 3 - É possível realizar atividades científicas ou pedagógicas; 1 - É possível realizar outros tipos de atividades.
B.2 - Condições de observação	5 - Facilmente observável na integridade; 3 - Com elementos exógenos que dificultam a observação de alguns conteúdos do geossítio; 2 - Com elementos exógenos que dificultam a observação dos principais conteúdos do geossítio; 1 - Com elementos exógenos que impedem a observação dos principais conteúdos do geossítio.
B.3 - Possibilidade de colheita de objetos geológicos	5 - É possível a colheita de rochas, fósseis e minerais sem danificar o geossítio; 4 - É possível a colheita de rochas ou de fósseis ou de minerais sem danificar o geossítio; 3 - É possível a colheita de algum tipo de objeto embora com restrições; 2 - É possível a colheita de algum tipo de objeto embora prejudicando o geossítio; 1 - Não se podem recolher amostras.

B.4 - Acessibilidade	5 - Acesso direto a partir de estradas nacionais; 4 - Acesso a partir de estradas secundárias; 3 - Acesso a partir de caminhos não asfaltados mas facilmente transitáveis por veículos automóveis; 2 - O geossítio localiza-se a menos de 1 km de algum caminho utilizável por veículos automóveis; 1 - O geossítio localiza-se a mais de 1 km de algum caminho utilizável por veículos automóveis.
B.5 - Infraestrutura logística	5 - Alojamento e restaurante para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km; 4 - Existe uma povoação com menos de 10 000 habitantes, com oferta hoteleira limitada, a menos de 5 km; 3 - Alojamento e restaurante para grupos de 50 pessoas a menos de 50 km; 2 - Alojamento e restaurante para grupos de 50 pessoas a menos de 100 km; 1 - Alojamento e restaurante para grupos de até 25 pessoas a menos de 50 km.
B.6 - Densidade de Povoação	5 - Mais de 1.500.000 habitantes em um raio de 25 km; 4 - Entre 500.000 e 1.500.000 habitantes em um raio de 25 km; 3 - Entre 150.000 e 500.000 habitantes em um raio de 25 km; 2 - Entre 50.000 e 150.000 habitantes em um raio de 25 km; 1 - Menos de 50.000 habitantes em um raio de 25 km.
B.7 - Condições socioeconômicas	5 - Municípios com elevados índices de riqueza e bons indicadores sociais; 4 - Municípios que apresentam bons níveis de riqueza que não se refletem nos indicadores sociais; 3 - Municípios com nível de riqueza baixo, mas com bons indicadores nas dimensões escolaridade e longevidade; 2 - Municípios que apresentam baixos níveis de riqueza e níveis intermediários de longevidade e/ou escolaridade; 1 - Municípios tradicionalmente pobres, caracterizados por baixos níveis de riqueza municipal, longevidade e escolaridade.
C. CRITÉRIOS RELACIONADOS COM A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO DO GEOSSÍTIO	
C.1 - Proximidade a zonas potencialmente degradadoras	5 - Geossítio situado a menos de 500 m de uma atividade potencialmente degradadora; 3 - Geossítio situado a menos de 1 km de uma atividade potencialmente degradadora; 2 - Geossítio situado a menos de 2 km de uma atividade potencialmente degradadora; 1 - Geossítio situado a menos de 5 km de uma atividade potencialmente degradadora.
C.2 - Regime de proteção	5 - Geossítio situado em área sem regime de proteção e sem controle de acesso; 3 - Geossítio situado em área sem regime de proteção e com controle de acesso; 2 - Geossítio situado em área com regime de proteção e sem controle de acesso; 1 - Geossítio situado em área com regime de proteção e com controle de acesso.
C.3 - Interesse para a exploração mineral	5 - O Geossítio encontra-se em uma zona sem nenhum tipo de interesse mineiro (Área Livre); 4 - O geossítio encontra-se em uma zona com índices mineiros de interesse (Pedido de Pesquisa); 3 - O Geossítio encontra-se em uma zona com reservas importantes de materiais, embora não esteja prevista sua exploração imediata (Licenciamento/Requerimento - SMA/SP e DNPM); 2 - O Geossítio encontra-se em uma zona com reservas importantes de materiais na qual é permitida sua exploração (Licenciado/Concedido); 1 - Geossítio encontra-se em uma zona com grande interesse mineiro e com concessão de lavra ativa (Operação/Portaria de Lavra).
C.4 - Valor dos terrenos (reais/m²)	5 - Menor que 5; 4 - 5 a 500; 3 - 501 a 2.000; 2 - 2.001 a 5.000; 1 - Maior que 5.000.
C.5 - Regime de propriedade	5 - Terreno predominantemente pertencente ao Estado; 4 - Terreno predominantemente de propriedade municipal; 3 - Terreno parcialmente público e privado; 2 - Terreno privado pertencente a um só proprietário; 1 - Terreno privado pertencente a vários proprietários.
C.6 - Vulnerabilidade	5 - Possibilidade de deterioração de todos os conteúdos por atividade antrópica ou natural; 4 - Grandes estruturas geológicas ou sucessões estratigráficas de dimensões quilométricas que, embora possam degradar-se por grandes intervenções humanas, a sua destruição é pouco provável; 3 - Possibilidade de deterioração de conteúdos principais por atividade antrópica ou natural; 2 - Possibilidade de deterioração de conteúdos secundários por atividade antrópica ou natural; 1 - Sem possibilidade de deterioração por atividade antrópica ou natural.

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2013)

A quantificação é dada pelo valor final (Q), determinado pela média simples ou ponderada da soma de cada classe de critério. Quanto maior o valor de Q, maior é a relevância do geossítio e, por conseguinte, maior a necessidade de proteção.

Segundo Brilha (2005), o método também permite avaliar o âmbito do geossítio em regional/local ou internacional/nacional. São classificados como de âmbito internacional/nacional, os geossítios cujos critérios atendam aos seguintes valores:

- $A1 \geq 3$
- $A3 \geq 4$
- $A6 \geq 3$
- $A9 \geq 3$
- $B1 \geq 3$
- $B2 \geq 3$

O cálculo da Relevância (Q) do geossítio é feito a partir das seguintes expressões:

Âmbito Internacional/nacional $Q = (2A + B + 1,5C)/3$

Âmbito Regional/local $Q = (A + B + C)/3$

2.3.3 Classificação

A classificação de um geossítio se refere ao enquadramento legal que pode ser aplicado à conservação do patrimônio geológico. Pela legislação brasileira, é possível classificar um geossítio em diferentes níveis de proteção, sendo necessário priorizar aquele que se mostrar mais eficiente em cada caso particular.

A correta classificação do patrimônio geológico foi realizada a partir do estudo da legislação em âmbito municipal, estadual e federal. Para a classificação, foram consideradas as informações levantadas durante as etapas de inventariação e quantificação da área, que bem justifiquem a adoção de um regime de conservação.

A classificação do patrimônio geológico também compreende a identificação de pessoas ou instituições interessadas em apoiar a conservação do geossítio.

2.3.4 Conservação

A etapa de conservação tem como objetivo preservar o geossítio contra a degradação, assegurando, ao mesmo tempo, a acessibilidade do público. Entende-se por degradação, a descaracterização do patrimônio geológico e a perda de seus valores, tanto por fatores naturais quanto antrópicos. A preservação da integridade do geossítio deve ser garantida antes de se realizar as etapas seguintes de valorização e divulgação.

Com base nas ameaças e valores identificados para o geossítio, foram formuladas ações a serem estudadas nesta etapa. As ações de conservação devem incluir:

- Controle do acesso ao geossítio;
- Criação de barreiras contra a ação das intempéries;
- Proteção jurídico-administrativa contra a degradação ambiental da área;
- Ações de educação ambiental que conscientizem o público sobre a necessidade de conservação daquele patrimônio.

2.3.5 Valorização e divulgação

A valorização e a divulgação do patrimônio geológico são tarefas que se complementam e estão diretamente relacionadas. Geossítios que não estejam significativamente ameaçados podem ser valorizados e divulgados com o intuito de serem visitados pelo público.

As tarefas de valorização são ações de informação e interpretação que vão ajudar o público a reconhecer o valor dos geossítios. São exemplos: a produção de materiais informativos/interpretativos, o estabelecimento de percursos temáticos, as visitas guiadas, a produção de páginas na internet ou outros conteúdos de mídia.

Na elaboração das ações de valorização e divulgação buscou-se respeitar quatro princípios básicos da comunicação segundo Carter (2001):

- Captar a atenção do destinatário;
- Tornar a informação agradável;
- Tornar a comunicação relevante para a audiência, e
- Estruturar a comunicação.

2.3.6 Monitorização

A etapa de monitorização consiste na adoção de estratégias para quantificar a perda da relevância do geossítio ao longo do tempo e garantir, o máximo possível, a manutenção da sua integridade. Esta etapa também inclui estudos para caracterizar o público do geossítio, podendo ser realizada por meio da aplicação de questionários, realização de entrevistas e análise de dados estatísticos.

O estado de preservação do geossítio deve ser comparado com as condições pretéritas para se compreender a evolução da conservação da área. A partir do resultado da monitorização, a estratégia de geoconservação adotada pode ser revista.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geodiversidade é uma grande temática que abrange uma série de outros conceitos como: geoconservação, patrimônio geológico, geossítio e geoturismo. Neste capítulo é feita a abordagem das definições e do atual estado da arte da geodiversidade e temas afins.

3.1 Geodiversidade

O termo geodiversidade foi primeiramente empregado na década de 1990, portanto ainda é recente na literatura científica. Um dos primeiros registros da utilização deste conceito ocorreu no ano de 1993, durante a realização da Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística no Reino Unido (BRILHA, 2005). Gray (2005) comenta o pioneirismo na utilização da expressão em artigos de pesquisadores australianos como Dixon et al. (1997) e Sharples (1993). Para Gray (2004), o conceito surgiu da necessidade de descrever a variedade do meio abiótico - um contraponto ao termo biodiversidade.

Por se tratar de um conceito novo, sua definição ainda é discutida por especialistas. Stanley (2000) relaciona a geodiversidade ao uso e ocupação do solo, conferindo um caráter pragmático à definição. Nieto (2001), Bruschi (2007) e outros dão grande ênfase à relação do meio físico com o meio biótico/antrópico, empregando-lhe um sentido amplo e integrador. Outros como Johansson, Andersen e Alapassi (1999), e Gray (2004) seguem o caminho oposto, descrevendo a geodiversidade do ponto de vista abiótico, predominantemente.

O quadro 2 apresenta as principais definições para o termo geodiversidade.

Quadro 2 - Diferentes definições para o termo geodiversidade

(JOHANSSON; ANDERSEN; ALAPASSI, 1999)	<i>Geodiversidade é a diversidade de rochas, depósitos, formas de terreno e processos geológicos que formam as paisagens.</i>
(STANLEY, 2000)	<i>Geodiversidade é o resultado de processos interativos dinâmicos, que envolvem a paisagem, fauna, flora e as culturas humanas, que ditaram os locais onde as pessoas se fixaram e desenvolveram aldeias, vilas, cidades, indústrias, estradas e a forma como os recursos foram utilizados.</i>
(NIETO, 2001)	<i>Geodiversidade é o número e a variedade de estruturas (sedimentares, tectônicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e petrológicas) e de materiais geológicos (minerais, rochas, fósseis e solos) que constituem o substrato físico natural de uma região, sobre o qual assenta a atividade orgânica, incluindo a antrópica.</i>
(GRAY, 2004)	<i>Geodiversidade é a variedade de aspetos geológicos (fósseis, rochas e minerais), geomorfológicos (geofomas e processos) e do solo, incluindo suas assembleias, relações, propriedades, interpretações e sistemas.</i>
(BRUSCHI, 2007)	<i>Geodiversidade é a gama de ambientes geológicos que constitui a base e o substrato para a biodiversidade e os ecossistemas.</i>
(CPRM, 2006)	<i>Geodiversidade é o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem as paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos o cultural, o estético, o econômico, o educativo e o turístico.</i>
Royal Society for Nature Conservation	<i>A Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra.</i>

Fonte: Produzido pelo autor

No presente trabalho é adotada a definição de Stanley (2000), devido à sua forte relação com a ocupação humana e a gestão dos recursos naturais. Segundo o autor:

Geodiversidade é o resultado de processos interativos dinâmicos, que envolvem a paisagem, fauna, flora e as culturas humanas, que ditaram os locais onde as pessoas se fixaram e desenvolveram aldeias, vilas, cidades, indústrias, estradas e a forma como os recursos foram utilizados (STANLEY, 2000, p. 15).

A partir do início do século XXI, o termo geodiversidade começa a se consolidar e aparecer com mais frequência na literatura científica internacional (GRAY, 2008). O autor classifica o conceito de geodiversidade como um paradigma devido ao seu *status* teórico/conceitual e histórico de uso. Henriques et al. (2011) classificam geodiversidade como um novo domínio científico, o que contribui para o aumento do conhecimento científico como um todo.

3.1.1 Valores da Geodiversidade

Segundo Brilha (2005), não seria possível conservar toda geodiversidade existente. Deve-se priorizar, portanto, aqueles elementos que apresentam valores associados significativos. Quanto mais elevado o valor de um geossítio, mais bem justificada será sua conservação.

A partir deste princípio, surgiram diversos métodos de quantificação do valor da geodiversidade. Os métodos de análise dos valores do patrimônio geológico têm por objetivo reduzir a subjetividade do observador. Gray (2004) dedica um capítulo de sua obra a descrever os valores da geodiversidade. O autor separa os valores em seis categorias:

- a) Valor intrínseco;
- b) Valor cultural;
- c) Valor estético;
- d) Valor econômico;
- e) Valor funcional, e
- f) Valor científico/educativo.

a) Valor intrínseco

O valor intrínseco se refere à concepção ética de que a geodiversidade possui valor pela sua própria existência e não pelo seu valor utilitário. Todos os elementos da geodiversidade possuem valor intrínseco, independente do julgamento humano.

b) Valor cultural

O significado que uma sociedade ou cultura atribui ao patrimônio geológico constitui seu valor cultural. Segundo Brilha (2005), o valor cultural advém de uma forte interdependência entre o desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico que o rodeia. Como exemplos, podem ser citados: valor histórico, valor folclórico, valor espiritual, valor de pertencimento, valor arqueológico/histórico, valor de uso da imagem, entre outros.

c) Valor estético

O valor estético da geodiversidade é atribuído pelo apelo visual do meio físico em todas as escalas (de um pequeno lago a uma cadeia de montanhas). O valor estético é elevado por atividades de ecoturismo e lazer que possuem os elementos da geodiversidade como pano de fundo. Os exemplos incluem: valor cênico, valor geoturístico, valor para o lazer, valor como inspiração artística, entre outros.

d) Valor econômico

O valor econômico da geodiversidade é relativo ao valor monetário associado a um determinado bem extraído do meio físico. De modo geral, o valor econômico do patrimônio geológico é proporcional à sua raridade na natureza ou à dificuldade de extração. Entre os exemplos estão: combustíveis fósseis, minerais industriais, rochas para construção civil e fósseis.

e) Valor funcional

O valor funcional da geodiversidade decorre da contribuição que o patrimônio geológico imprime nos sistemas ambientais. Existem duas vertentes. Na primeira, os elementos da geodiversidade ganham valor pelo seu uso utilitarista como suporte para o uso e ocupação humana. Difere do valor econômico por não haver a necessidade de extração para seu uso. Exemplos dessa modalidade: urbanização, agricultura e obras de infraestrutura.

A segunda vertente diz respeito aos processos da geodiversidade que afetam os sistemas físicos e ecológicos, ou seja, a geodiversidade como a base ou substrato da biodiversidade. Exemplos que permitem a compreensão deste tipo de valor são a função de filtro natural das rochas, a associação de uma espécie vegetal à determinada cobertura de solo e ciclos biogeoquímicos.

f) Valor científico/educativo

A investigação de elementos do meio físico, seja pura ou aplicada, gera resultados que agregam valor científico à geodiversidade. A investigação de campo também atua para conferir valor científico/educativo à geodiversidade. Os exemplos compreendem: valor para descobertas científicas, valor para compreensão de processos naturais, valor histórico da terra, valor para monitoramento ambiental e valor para educação ambiental.

3.1.2 Ameaças à geodiversidade

Todos os elementos da geodiversidade, independentemente da escala, possuem fragilidades que podem ameaçar sua existência. Brilha (2005) argumenta que a maior parte das ameaças à geodiversidade advém, direta ou indiretamente, de atividades antrópicas, mas Gray (2005) afirma que as ameaças também podem estar relacionadas a mudanças climáticas e outros fatores naturais.

Segundo Brilha (2005), a subsistência da espécie humana, com os atuais padrões de vida de uma sociedade industrializada, obriga à utilização da geodiversidade e, em muitos casos, à sua destruição. Há que se estabelecer um equilíbrio entre a exploração/destruição do patrimônio geológico e a sua conservação.

Diversas atividades causam impacto na diversidade geológica podendo levar à sua perda total ou parcial. São exemplos: a exploração de recursos geológicos, o desenvolvimento de grandes obras e estruturas, a gestão de bacias hidrográficas, o florestamento, o desmatamento e a agricultura, as atividades militares, as atividades recreativas e turísticas e a colheita de amostras geológicas para fins não científicos. No caso das causas naturais, estão as mudanças climáticas, terremotos e erupções vulcânicas.

3.2 Geoconservação

Na literatura internacional, a geodiversidade tem sido aplicada com maior ênfase a estudos orientados à preservação do patrimônio natural. O estudo e a prática da geoconservação decorre naturalmente da necessidade de se proteger os exemplares do patrimônio geológico que possuem grande valor e estão ameaçados.

Sharples (2002, p. 6) afirma que o objetivo da geoconservação é:

Preservar a diversidade natural de significativos aspectos e processos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, mantendo a evolução natural (velocidade e intensidade) desses aspectos e processos, por seus valores intrínsecos, ecológicos e patrimoniais.

4 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

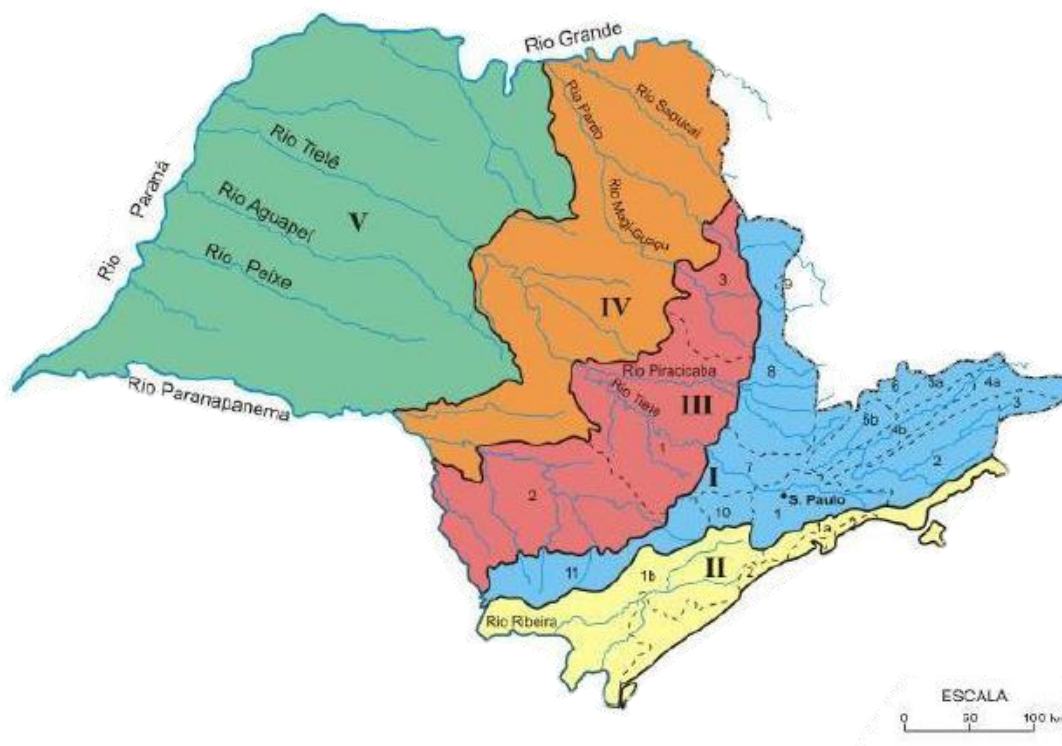
Neste capítulo foram reunidas informações para compor a caracterização do meio físico da área de estudo. Esses dados subsidiam a etapa de inventariação, reunindo descrições da geomorfologia, hidrologia, clima e geologia geral do geossítio.

4.1 Geomorfologia

Almeida (1974) divide o estado de São Paulo em cinco grandes províncias geomorfológicas (Figura 5), sendo elas:

- I. Planalto Atlântico;
- II. Província Costeira;
- III. Depressão Periférica;
- IV. Cuestas Basálticas, e
- V. Planalto Ocidental.

Figura 5 - Divisão geomorfológica do estado de São Paulo

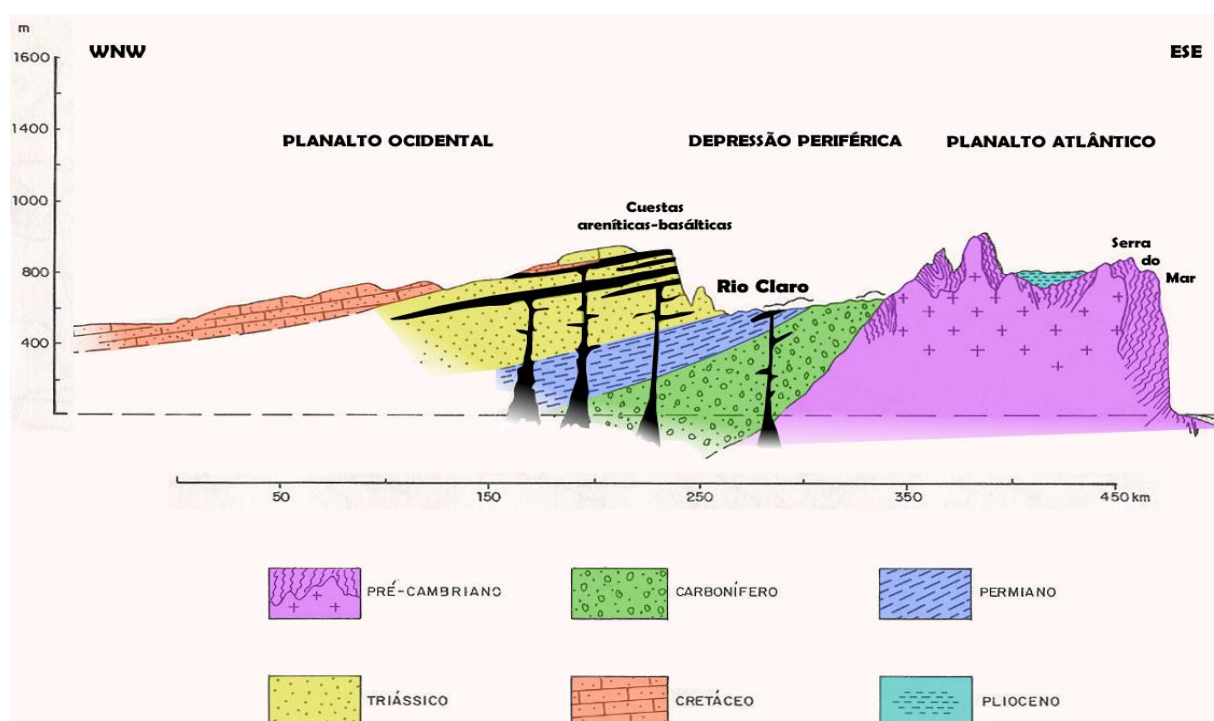


Fonte: Almeida (1964)

A área de estudo está situada na Província Geomorfológica da Depressão Periférica (III), na zona do Médio Tietê. A província situa-se entre as rochas pré-cambrianas do Planalto Atlântico e as escarpas das cuestas dos derrames basálticos do Planalto Ocidental (Figura 6)

A Depressão Periférica possui forma de arco com, aproximadamente, 470 km de sul a norte do estado e 90 km de largura em média. A zona Médio Tietê é caracterizada pelo relevo suavemente ondulado, com altitudes oscilando entre 550 m e 650 m (ALMEIDA, 1964).

Figura 6 - Seção geológica esquemática do Estado de São Paulo



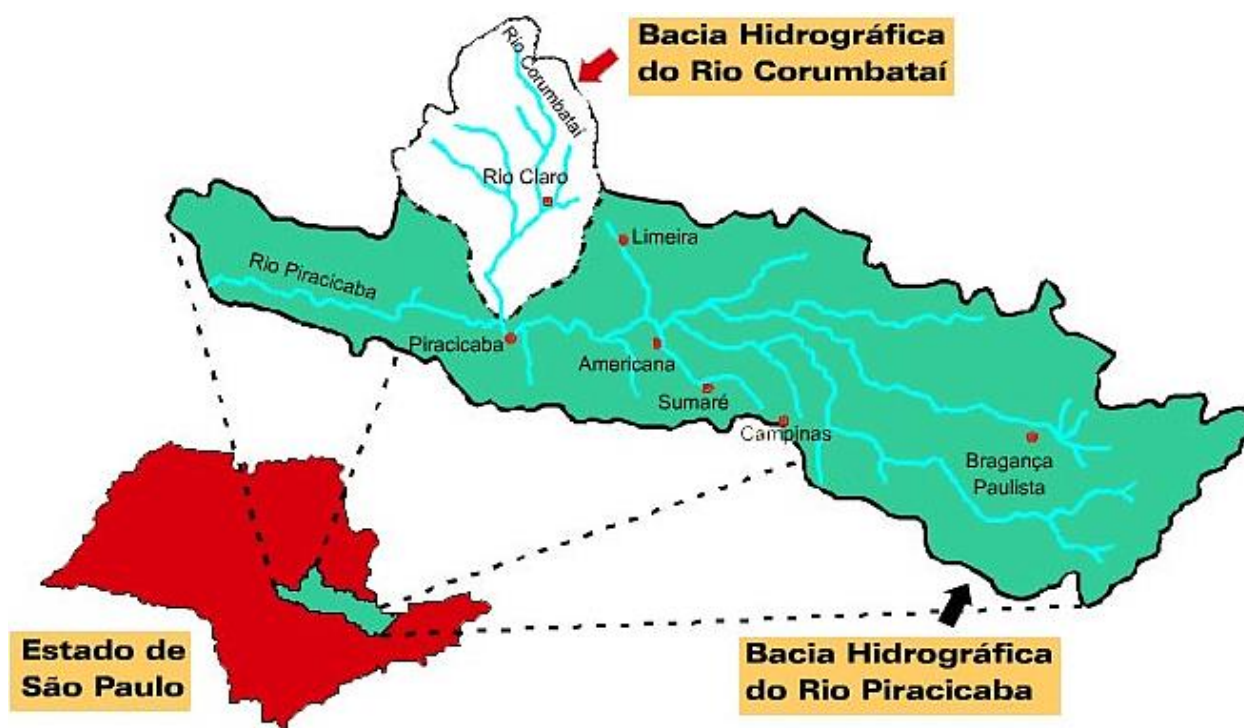
Fonte: Adaptado de Ab'Saber (1954)

O relevo regional é constituído por colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados e espigões, estruturas encontradas entre as altitudes de 520 e 680 m. Também são encontradas formas residuais como: mesas basálticas, escarpas festonadas e planícies aluviais (SOUSA, 2002). Ainda segundo o autor, os relevos de morros colinosos, morros e morrotes são condicionados pelas intrusões de diabásio.

4.2 Hidrologia

A área de estudo está situada na Bacia do Rio Corumbataí, uma sub bacia do Rio Piracicaba (Figura 7). Segundo o IBGE (2010), 600 mil pessoas na região dependem da água da Bacia do Rio Corumbataí. A área está abrigada pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5-PCJ). Parte da área de cabeceiras da bacia é abrangida pela Área de Proteção Ambiental APA Corumbataí-Botucatu-Tejubá perímetro Corumbataí.

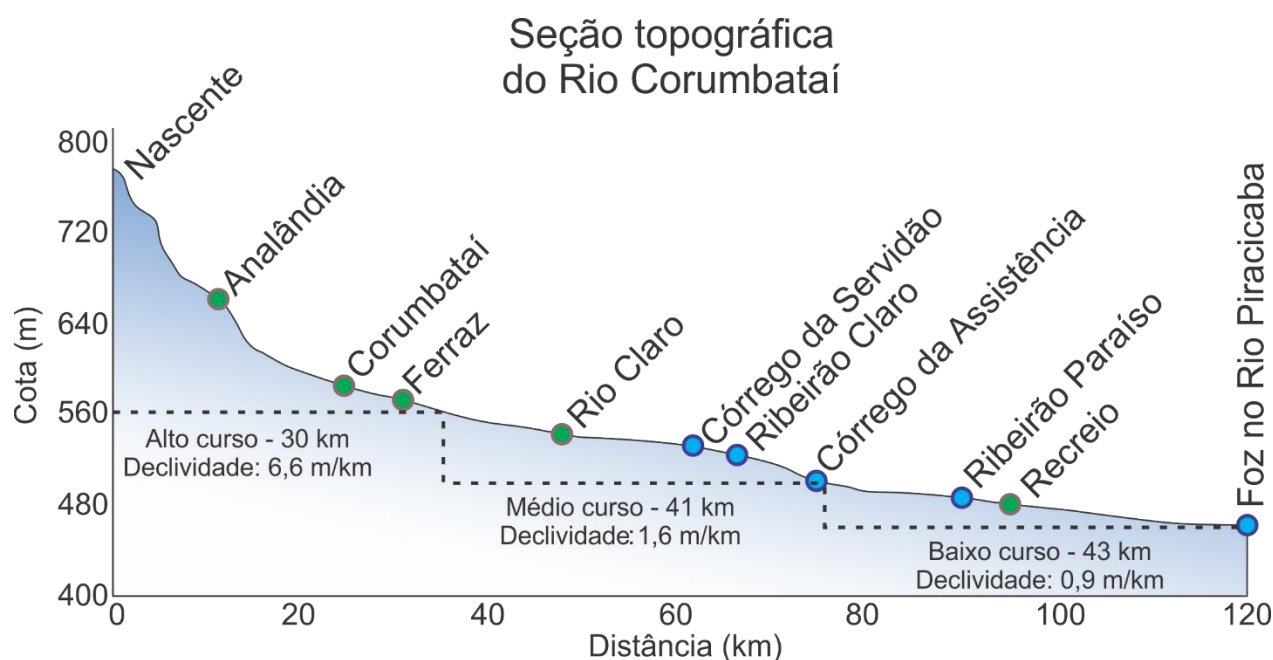
Figura 7 - Localização da Bacia do Rio Corumbataí



Fonte: Pereira e Pinto (2007)

A Bacia do Rio Corumbataí é formada por quatro rios principais: Corumbataí, Passa Cinco, Cabeça e Ribeirão Claro. Segundo CEAPLA (2009), o Rio Corumbataí, com extensão aproximada de 120 km, possui um desnível total de 588 metros, desde a nascente (Serra do Cuscuzeiro, 1058 m) até a desembocadura (Rio Piracicaba, 470 m), apresentando maiores desníveis no seu alto curso, com declividade em torno de 0,7% (Figura 8).

Figura 8 - Seção topográfica do Rio Corumbataí, da nascente em Analândia, à foz no bairro Santa Terezinha em Piracicaba



Fonte: Adaptado de Salati (1996)

As escarpas formadas pelas cuestas dos derrames basálticos do Planalto Ocidental compõem um anfiteatro característico do setor-ocidental da Depressão Periférica, onde se localizam as cabeceiras do Rio Corumbataí e alguns de seus afluentes. Estes rios nascem nas encostas da cuesta e se deslocam para sul, indo alimentar o Rio Piracicaba que, correndo em sentido oeste, leva suas águas para o Rio Tietê.

O Rio Corumbataí tem seu traçado fortemente ligado à tectônica de falhamento pós-cretácea que afetou a região. O rio corre preferencialmente sobre soleiras de diabásio relacionadas aos sistemas de falhas lineares do Alto Estrutural do Pitanga (SOARES, 1974). Regionalmente, a rede de drenagem segue as orientações principais E-W (rios Piracicaba e Tietê), N-S (Rio Cabeça e partes do Rio Corumbataí) e NW-SE (Rio Passa Cinco).

O limite sudeste da área de estudo é delimitado pelo Córrego Assistência, um afluente da margem esquerda do Rio Corumbataí. O Córrego da Assistência nasce em Santa Gertrudes, cruza o distrito de Assistência e deságua no limite entre o baixo e o médio curso do Corumbataí, a 5 quilômetros de Assistência.

Segundo Borges (2012), após o distrito, o Córrego Assistência recebe uma carga de efluentes domésticos depois de tratamento primário e há um desagradável

cheiro de esgoto. O trecho até a foz no Rio Corumbataí é protegido por mata ciliar, mas há pastos e plantações nas proximidades.

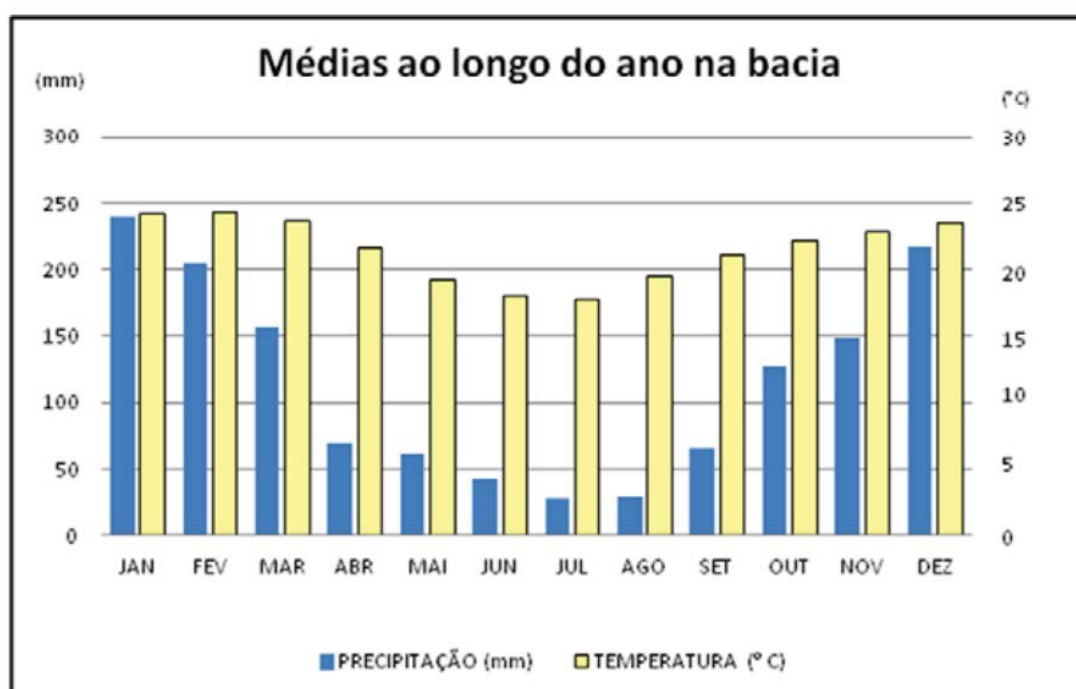
De acordo com CEAPLA (2009), a intensidade de chuvas das chuvas de verão coincide com o término da atividade agrícola. Como os campos estão desprotegidos de cobertura vegetal, ocorre intenso desgaste do solo e assoreamento dos cursos d'água.

4.3 Clima

O clima da região centro-leste do estado de São Paulo é classificado como Cwa, de acordo com classificação climática de Köppen. Conhecido como clima tropical de altitude, caracteriza-se por chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C (CEPAGRI/UNICAMP 2012).

Na região da Bacia do Rio Corumbataí, as chuvas caem entre outubro e abril, e a estiagem ocorre entre maio e setembro (Figura 9). A precipitação e temperatura médias anuais são, respectivamente, 1366,8 mm e 21,6°C (CEPAGRI, 2011).

Figura 9 - Médias mensais históricas (de 1989 a 2011) de precipitação e temperatura na Bacia do Rio Corumbataí

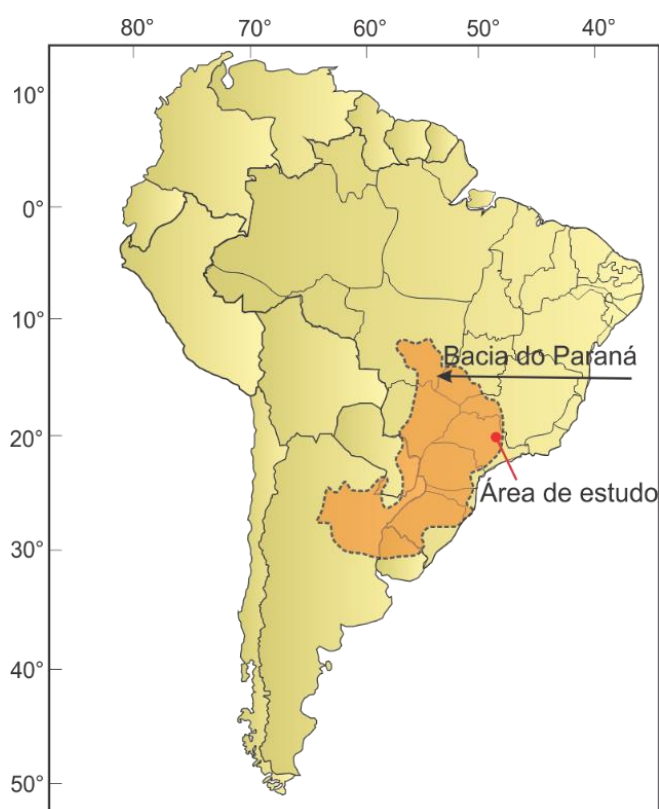


Fonte: CEPAGRI (2011)

4.4 Geologia Regional

A área de estudo está geologicamente situada na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, a qual constitui uma extensa região situada na porção centro-leste do continente sul-americano (Figura 10), preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluriano e o Cretáceo e, localmente, rochas cenozóicas.

Figura 10 - Localização da Bacia do Paraná



Fonte: Adaptado de Schneider et al. (1974)

A Bacia do Paraná possui a forma de um anzol voltado para oeste e aproximadamente 1.700.000 km² de área. O depocentro estrutural da bacia – onde a espessura pode alcançar 7 mil metros – coincide com o leito do Rio Paraná. Dentro do território brasileiro, ocupa uma área de, aproximadamente, 1.100.000 km², e abrange os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (MILANI et al., 2007).

Devido à extensão regional da Bacia do Paraná, sua sucessão estratigráfica no estado de São Paulo é representada por uma coluna própria, que ilustra a geologia regional da área de estudo (Figura 11).

Figura 11 - Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro (SP)

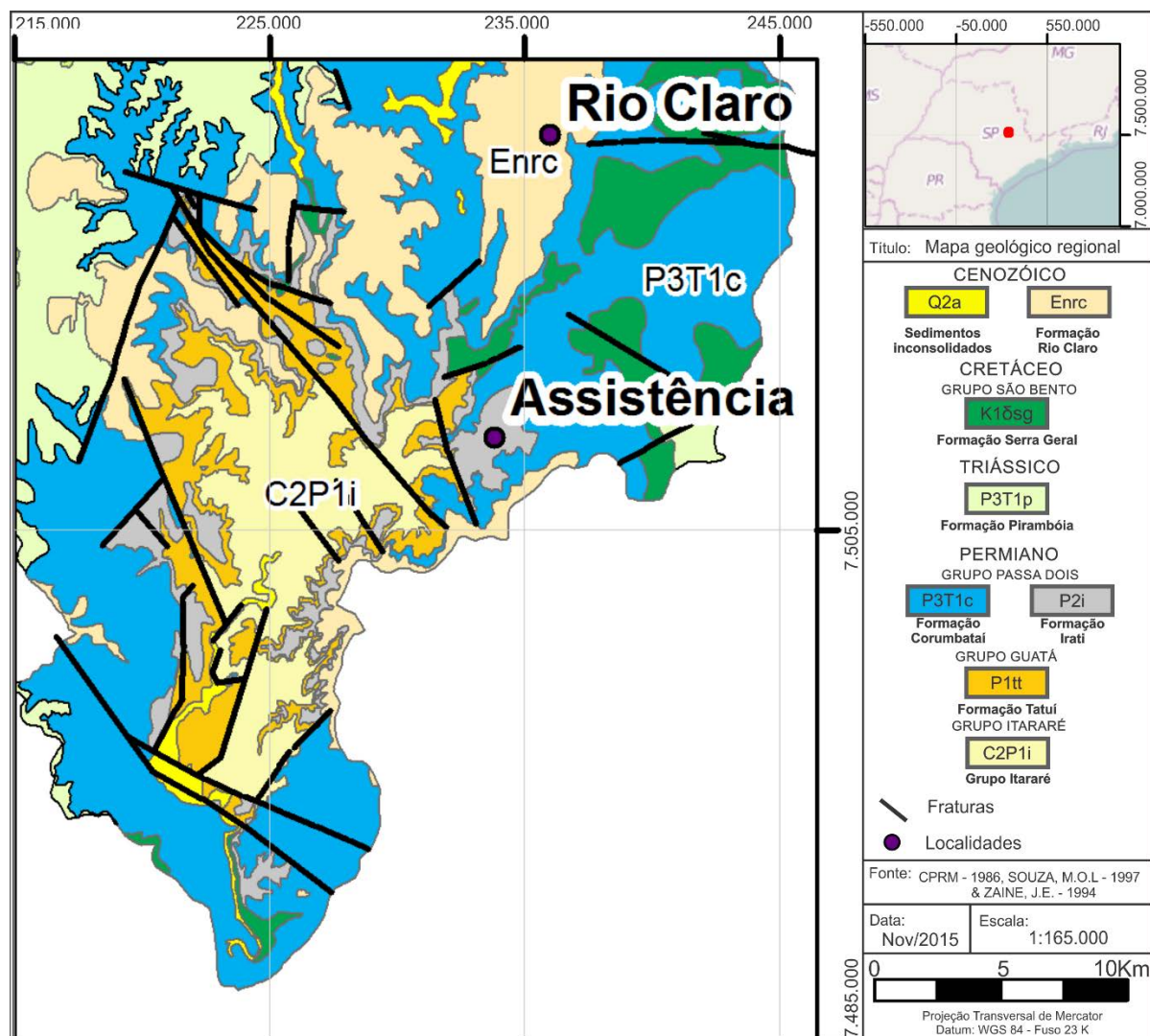
ERA	PERÍODOS	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	Espes. Aprox. (metros)	DESCRIÇÃO SUCINTA	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
CENOZOICA	QUATERNÁRIO		RIO CLARO		30	arenitos pouco consolidados com lentes de argilas e níveis conglomeráticos na base (Arenitos = reservatório de água subterrânea em poços rasos da região de Rio Claro)	Continental: Planície aluvial e lacustre. Coluviões
	TERCIÁRIO		ITAQUERI		100	arenitos conglomeráticos e arenitos silicificados / ferricretes	Continental: Leques aluviais, Fluvial e lacustre
MESOZOICA	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
	TRIÁSSICO		PIRAMBÓIA		150	arenitos com grãos arredondados e esféricos. Diversos níveis de laminites	Continental: Fluvial e Desértico
							<i>Aquífero Guarani</i>
PALEOZOICA	PERMIANO	PASSA DOIS	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
			IRATI		40	folhelhos, siltitos, folhelhos pirobotuminosos, calcários dolomíticos (pedreiras de calcário na região de Assistência Ipeúna e Piracicaba/Saltinho)	Transicional: Laguna Marinho Raso: Plataforma
		ITARARÉ	TATUÍ		50	siltitos e siltitos arenosos	Transicional: Planície Costeira Marinho Raso: Plataforma
			Grupo ITARARÉ (indiviso no Estado de São Paulo)		900	arenitos, siltitos, varvitos e diamictitos (alguns verdadeiros tilitos) (Arenitos = reservatórios de água subterrânea em poços profundos da região)	Continental (Glacial): Aluvial - Leques e Fluvial; Lacustre Transicional: Deltas Marinho (glácio-marinho): Plataformal
	CARBONIFERO						
	Pré-Cambriano		EMBASAMENTO			granitos, migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos	

Fonte: Perinotto e Zaine (2008).

As unidades que ocorrem na região de Rio Claro pertencem ao pacote carbonífero-eotriássico da borda leste da Bacia do Paraná, classificado por Assine, Soares e Milani (1994) como supersequência Gondwana I. Esta unidade aloestratigráfica registra uma grande variedade de condições deposicionais sucedendo-se no tempo e evoluindo entre um contexto neocarbonífero de sedimentação com marcada influência glacial até um ambiente continental, já no início da Era Mesozóica (MILANI et al., 2007).

Na região de Rio Claro, a supersequência Gondwana I inclui o Grupo Tubarão (Grupo Itararé e Formação Tatuí), Grupo Passa Dois (Formação Irati e Corumbataí), rochas magmáticas da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, e a Formação Rio Claro, de idade cenozóica (Figura 12).

Figura 12 - Mapa geológico regional da área de estudo



Fonte: CPRM (1986), SOUZA (1997) e ZAINE (1994).

4.4.1 Grupo Itararé

O Grupo Itararé compõe a base da Bacia do Paraná na área de estudo e está assentado sobre uma superfície de não conformidade acima das rochas do embasamento cristalino. Com base em estudos bioestratigráficos Daemon e Quadros (1970), colocam a idade abrangida pelo Grupo Itararé no intervalo Carbonífero Superior a Permiano Inferior.

A litologia da unidade compreende uma vasta gama de rochas clásticas, como argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados, representando grande variabilidade de ambientes deposicionais. Também estão presentes diamictitos, tilitos e outros depósitos de influência glacial. De acordo com autores como Soares (1972) e Holz et

al. (2010), o Grupo Itararé representa uma sedimentação que varia de ambiente glacio-marinho a glacio-continental.

O conteúdo fossilífero do Subgrupo Itararé é diversificado, incluindo micro e macro fósseis vegetais, invertebrados (moluscos, braquiópodes, insetos, foraminíferos, espículas de esponjas, equinodermas, ostracodes, escoleocodentes e icnofósseis) e vertebrados, como peixes e anfíbios (PETRI; SOUZA, 1993).

O Subgrupo Itararé é a unidade mais espessa na estratigrafia paulista da Bacia do Paraná, podendo alcançar em torno de 900 metros.

4.4.2 Formação Tatuí

Acima do Grupo Itararé encontra-se a Formação Tatuí. O contato entre as duas unidades é caracterizado pela presença de uma superfície de erosão, interpretada por Soares (1972) como uma discordância generalizada. A Formação Tatuí é considerada de idade eopermiana, apesar de existirem poucos trabalhos neste sentido (CHAHUD, 2011).

A unidade é constituída predominantemente de clásticos finos, principalmente siltitos e, subordinadamente, arenitos, calcários, folhelhos e sílex (FULFARO *et al.*, 1984 apud CHAHUD, 2011). Segundo Soares (1972), a deglaciação no Eopermiano resultou numa subida do nível relativo do mar conhecida como Transgressão Permiana. Fulfaro *et al.* (1984) afirmam que o ambiente de deposição dos sedimentos da Formação Tatuí é representado por plataforma marinha, um sistema costeiro e, localmente, um sistema de leques deltaicos.

O conteúdo paleontológico engloba fragmentos de vegetais, palinomorfs, gastrópodes e braquiópodes (SCHNEIDER *et al.*, 1974). Apresenta, em média, 40 a 50 metros de espessura.

4.4.3 Formação Irati

A Formação Irati é a unidade basal do Grupo Passa Dois. O contato com a Formação Tatuí (sotoposta) é erosivo discordante, marcado por um arenito conglomerático residual (do tipo *lag*) rico em grânulos e seixos de sílex e bioclastos (ASSINE; ZACHARIAS; PERINOTTO, 2003). Segundo Santos *et al.* (2006), as rochas da Formação Irati são atribuídas ao andar Artinskiano/Kunguriano ($275,6 \pm 0.7$ Ma),

da época Cisuraliano (Neopermiano). Hachiro e Coimbra (1993) admitem que a unidade teve um tempo deposicional entre 2,7 e 3,5 milhões de anos.

A unidade possui expressiva continuidade lateral, aflorando em uma área de aproximadamente um milhão de km². No Brasil, abrange os estados de Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e também parte do Paraguai, Uruguai e Argentina (HACHIRO, 1996).

A Formação Irati é subdividida nos membros Taquaral (basal) e Assistência (BARBOSA; GOMES, 1958). O Membro Taquaral, de natureza pelítica, consiste em argilitos, folhelhos e siltitos de cor cinza. O Membro Assistência é constituído por folhelhos escuros pirobetuminosos, associados a bancos ou camadas de calcário dolomítico, contendo nódulos de sílex - localmente conhecidos como “bonecas de sílex” (SCHNEIDER et al. 1974).

Segundo Assine, Soares e Milani (1994), a sedimentação representa deposição em ambiente marinho de mar restrito, gradando para águas mais rasas e salinas na porção superior. Para Milani et al. (2007), a salinidade crescente é resultado de uma efetiva restrição à circulação de águas entre a sinéclise e o oceano Panthalassa. Sob tais condições, acumularam-se carbonatos, evaporitos e folhelhos pirobetuminosos.

Os folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati exibem conteúdo orgânico quantitativo que atinge níveis dos mais elevados já registrados em depósitos sedimentares do planeta, da ordem de 23%, qualificando-os como gerador em potencial para acumulações petrolíferas na área.

Outra característica marcante da Formação Irati é a paleofauna de vertebrados, com os gêneros *Mesosaurus* e *Stereosternum*, répteis que permitiram a Du Toit e Reed (1927 apud MILANI ET AL., 2007), sugerir a teoria da deriva continental como uma possibilidade científica, em função da correlação de tais fósseis com os equivalentes encontrados nos depósitos da Formação Whitehill, na África do Sul.

A espessura média da Formação Irati no estado de São Paulo, nos afloramentos, varia de 20 a 30 metros, aumentando para 40 a 50 metros nas sondagens situadas mais no centro da bacia (AMARAL, 1971).

Além dos répteis mesossaurídeos, a assembleia fossilífera da Formação Irati compreende restos de peixes e crustáceos dos gêneros *Clarkecaris*, *Paulocaris* e *Liocaris* no Membro Taquaral e restos de peixes, fragmentos vegetais, carapaças de crustáceos e palinórfos no Membro Assistência (SIMÕES; FITTIPALDI, 1992).

4.4.4 Formação Corumbataí

Sobrejacente à Formação Irati, ocorre a Formação Corumbataí em contato concordante. A Formação Corumbataí tem idade neopermiana a eotriássica (ANDREIS; CARVALHO, 2001).

A Formação Corumbataí é composta de argilitos, folhelhos e siltitos arroxeados e avermelhados com intercalações de bancos carbonáticos e camadas de arenitos muito finos (GAMA JUNIOR, 1979 apud PERINOTTO et al., 2008). O ambiente deposicional era marinho de águas calmas, em ambiente de planície de maré rasas ou ambientes costeiros influenciados por tempestades (ROHN; LAVINA, 1993). Segundo Milani et al. (2007), a sedimentação da Formação Corumbataí ocorreu devido à transgressão marinha no golfo Irati, a última incursão marinha na Bacia do Paraná.

Os fósseis descritos para a Formação Corumbataí abrangem restos de peixes, restos vegetais, ostracodes e palinomorfos (SCHNEIDER et al., 1974). A unidade possui grande continuidade vertical, podendo chegar a 100 metros de espessura.

4.4.5 Formação Rio Claro

A cobertura de sedimentos neocenozóicos sobre a Bacia do Paraná, na Depressão Periférica Paulista, foi denominada de Formação Rio Claro por Björnberg e Landim (1966). A unidade recobre as unidades mais antigas, sendo o contato de base sempre uma superfície de discordância erosiva.

Esses autores definiram a unidade como composta por arenitos arcossianos mal consolidados, mal classificados, conglomeráticos e argilitos vermelhos depositados em ambiente fluvial de clima semiárido. Segundo Penteado (1976), a sedimentação da Formação Rio Claro ocorreu em bacias escalonadas ao longo de eixos de paleodrenagem, admitindo que os escalonamentos teriam se formado devido às reativações cenozóicas de antigas falhas. Zaine (1994) reafirma o papel das feições estruturais e tectônicas na sedimentação da Formação Rio Claro e identifica depósitos de condições energéticas (fluxos torrenciais e fluxos de massas) e sistema fluvial com canais espriados e lagoas restritas.

Soares, Landim e Fulfaro (1978) consideram que a gênese da Formação Rio Claro deve estar intimamente ligada ao processo de escavação da Depressão

Periférica Paulista, já que sua ocorrência está próxima à escarpa Serra Geral, em, pelo menos, três níveis altimétricos (600, 700 e 800 metros). Os sedimentos da Formação Rio Claro estão geomorfologicamente condicionados a topos de interflúvios amplos e aplainados (PENTEADO, 1976).

A espessura máxima da Formação Rio Claro é da ordem de 30 metros e ocorre no intervalo de cotas, que varia de 580 a 670 metros acima do nível do mar (ZAINÉ, 1994).

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados deste trabalho. Além da caracterização geológica local da área de estudo, são descritas aqui as propostas levantadas para as estratégias de geoconservação. Os resultados incluem produtos como o projeto básico do parque geológico e materiais interpretativos, e diretrizes a serem seguidas para a geoconservação da Formação Irati.

5.1 Geologia Local

A seguir é apresentada a caracterização geológica local da área, a fim de mapear as unidades geológicas presentes e as relações estratigráficas existentes.

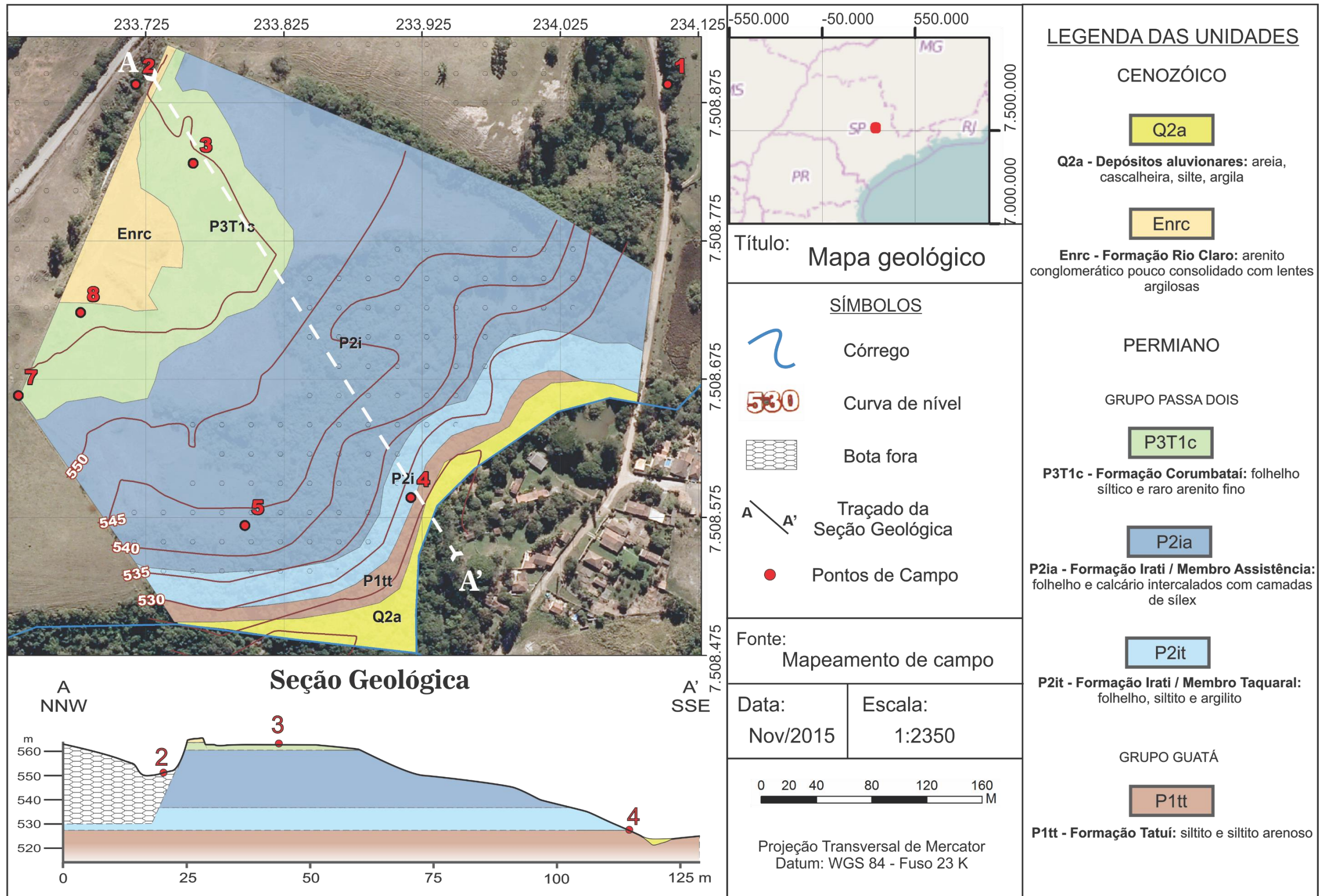
A litoestratigrafia da área é composta por rochas permianas (250 a 300 Ma) das Formações Tatuí, Irati e Corumbataí. Capeando as unidades permianas são encontrados depósitos cenozóicos e materiais antropogênicos resultantes de atividades mineiras (bota-fora), conforme mostrado nas **Figura 13** e 14.

Figura 13 - Estratigrafia da área de estudo

Era	Período	Grupo	Formação	Litologia	Espessura (na área)	Abrangência
Cenozóica	-	-	Formação Rio Claro (Enrc)	Arenito conglomerático pouco consolidado com lentes argilosas	3 m	5%
Paleozóica	Permiano	Passa Dois	Formação Corumbataí (P3T1c)	Folhelho siltico e arenito fino	3 m	16%
			Formação Irati (P2i)	Membro Assistência Membro Taquaral	Folhelho, siltito, calcário dolomítico	23 m
		Guatá	Formação Tatuí (P1tt)	Siltito e siltito arenoso	4 m	13%

Fonte: Trabalho de campo

Figura 14 - Mapa geológico de detalhe e seção geológica da área de estudo



Fonte: Trabalho de campo

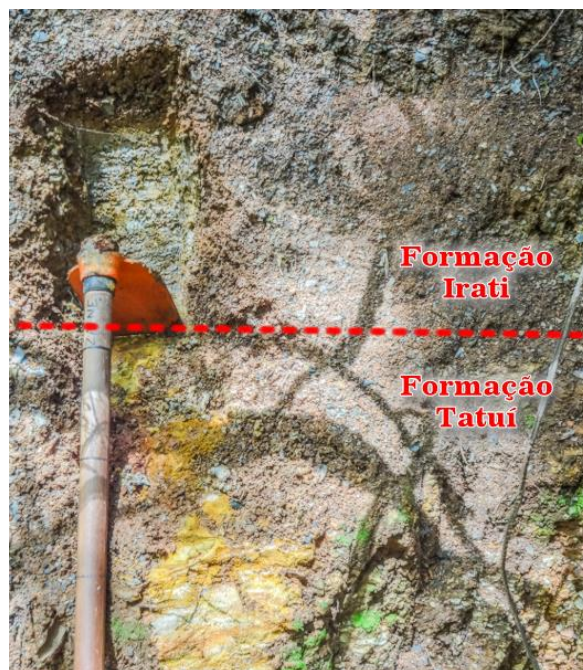
Na base da sucessão estratigráfica na área de estudo ocorre a Formação Tatuí, limitada à porção sudeste (SE). Esta unidade ocupa, aproximadamente, 1,3 ha ou 13% do total. O contato inferior da Formação Tatuí não foi identificado. Estima-se, com base na literatura, que a espessura total desta unidade atinja 40 metros.

A Formação Tatuí é composta por siltitos organizados em lentes plano-paralelas, conforme verificado no ponto 4 (Figura 15). Na parte superior do afloramento há uma camada conglomerática composta por arenitos grossos conglomeráticos, ricos em clastos de sílex. Esta camada está localizada próximo ao contato superior da Formação Tatuí com o Membro Taquaral da Formação Irati (Figura 16). A cota do contato é em torno de 528 metros.

Figura 15 - Detalhe dos siltitos cinza lenticulares da Formação Tatuí. Ponto 4 - X: 233.926; Y: 7.508.561; e Z: 543



Figura 16 - Detalhe do contato das Formações Tatuí e Irati: Argilitos e folhelhos plano-paralelos sobre arenitos conglomeráticos. Ponto 4 - X: 233.926; Y: 7.508.561; e Z: 543



Fonte: Trabalho de campo

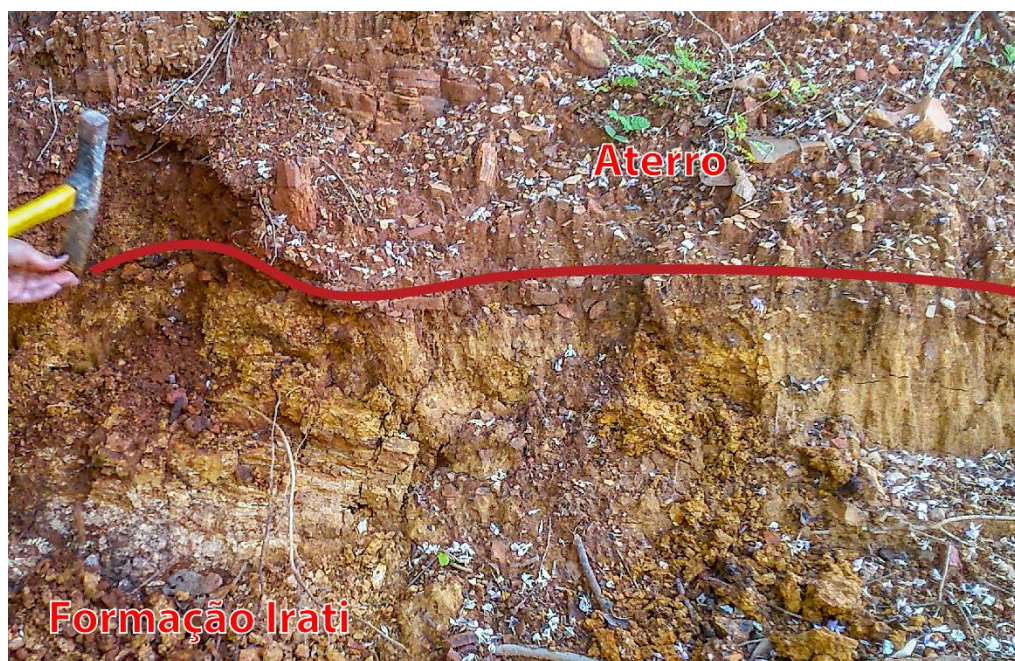
Estratigraficamente acima da Formação Tatuí, ocorre a Formação Irati, subdividida em Membro Taquaral (inferior) e Membro Assistência.

As rochas do Membro Taquaral afloram em uma faixa de cerca de 1,1 ha (11% do total), na porção sudeste (SE) da área. Os siltitos/argilitos do Membro Taquaral foram identificados também no ponto 4, sobre as rochas da Formação Tatuí (Figura

16). O contato superior do Membro Taquaral (com o Membro Assistência) não foi localizado. Estima-se que a espessura do Membro Taquaral na área seja próxima a 7 metros.

O Membro Assistência é a unidade que ocorre com maior expressividade em superfície. É encontrado de norte a sul na porção central, ocupando aproximadamente 1,5 km² (55%). Caracteriza-se por folhelhos com coloração amarela avermelhada (cor de alteração) e nódulos de sílex, conforme observado no ponto 1 (Figura 17). O contato do Membro Assistência com a Formação Corumbataí foi identificado no ponto 3, localizado na cota de 560 metros. Estima-se, assim, um total de 32 metros entre a base e o topo da Formação Irati.

Figura 17 - Folhelhos alterados do Membro Assistência da Formação Irati sob pilha de aterro. Ponto 1 - X: 234.103; Y: 7.508.888; e Z: 532



Fonte: Trabalho de Campo

Acima da Formação Irati ocorre uma delgada camada de siltitos e arenitos finos da base da Formação Corumbataí. Esta unidade aflora na parte mais alta da área, formando um platô, e ocupa pouco mais de 15% da superfície. Devido à erosão, menos de cinco metros de toda a extensão vertical da Formação Corumbataí encontram-se preservados na área.

Como observado no ponto 3, a litologia da Formação Corumbataí é composta por folhelhos silito-arenosos, de coloração bege a rósea (Figura 18). A rocha

encontra-se intensamente fraturada em direções que definem três famílias principais (Figura 19).

Figura 18 - Detalhe das 3 principais famílias de fratura presentes no ponto 3. X: 233.743; Y: 7.508.853; e Z: 562

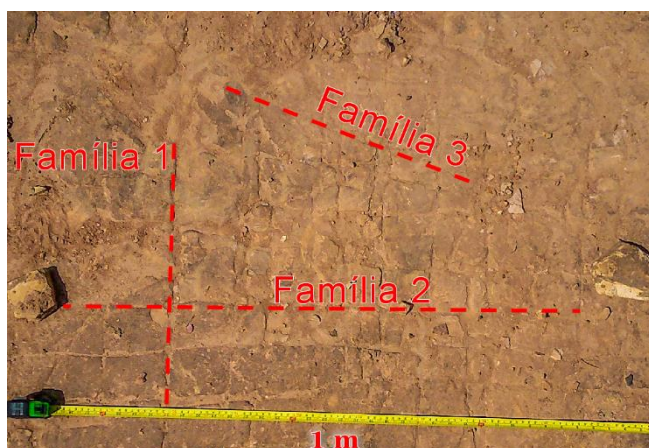
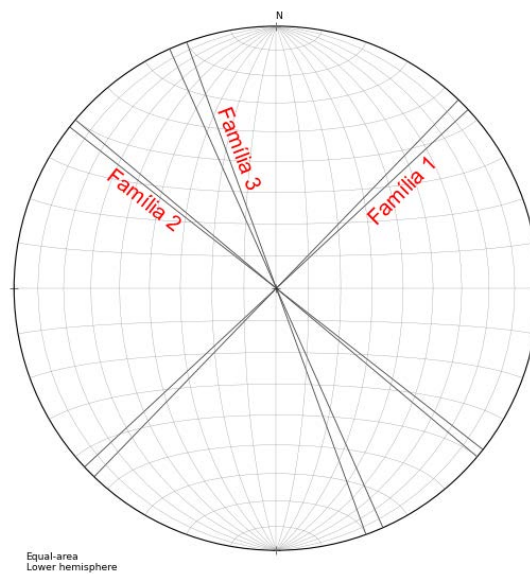


Figura 19 - Estereograma de planos em rede equiárea, hemisfério inferior, mostrando a direção das 3 principais famílias de fratura no ponto 3. N = 6



Fonte: Trabalho de campo

Estratigraficamente acima da Formação Corumbataí, ocorrem sedimentos da Formação Rio Claro. O contato entre as duas unidades é erosivo, verificado em um talude no ponto 3 (Figura 20). São sedimentos predominantemente arenosos, mal selecionados, interpretados como depositados em ambiente fluvial. A Formação Rio Claro, de idade cenozoica, é a capa da estratigrafia local.

Figura 20 - Rochas da base da Formação Corumbataí em contato erosivo com sedimentos cenozoicos da Formação Rio Claro. Ponto 3 - X: 233.743; Y: 7.508.853; e Z: 562



Fonte: Trabalho de campo

5.2 Valores da geodiversidade para a Formação Irati na região de Rio Claro

Neste item foram descritos os valores identificados para a geodiversidade da Formação Irati. Este levantamento teve como objetivo justificar e nortear a aplicação das estratégias de conservação ao patrimônio geológico observado.

Foram definidos os principais elementos da geodiversidade da Formação Irati dotados de valor geopatrimonial. Cada elemento pode representar um ou mais valores, conforme descrito a seguir. O patrimônio geológico da Formação Irati é dotado de valor intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional e científico/educativo.

No final desta seção foi feita uma síntese dos valores identificados para a unidade, apresentada no Quadro 3.

5.2.1 Unidade isócrona transcontinental – Valor científico/educativo

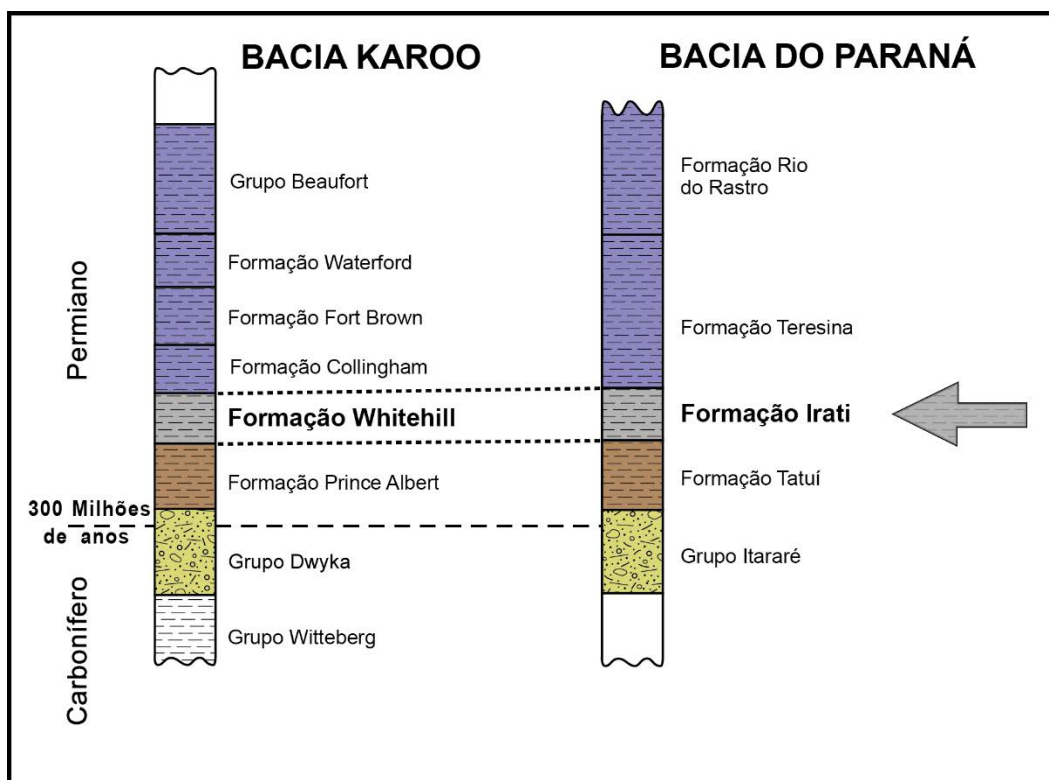
A Formação Irati é considerada uma camada-guia do período Permiano no sul do supercontinente Gondwana. Os fatores que conferem essa característica à unidade são:

- Extensa amplitude lateral - aproximadamente 1 milhão de km²;
- Deposição de curta duração no tempo geológico, estimada entre 2,7 e 3,5 milhões de anos, e
- Conteúdo fossilífero e homogeneidade faciológica peculiares.

Assim, a Formação Irati possui elevado valor estratigráfico, além de científico e educativo, não apenas no contexto regional, mas para toda a comunidade científica internacional. Tal constatação é amparada pela existência da *International Association For Gondwana Research* (IAGR), uma associação voltada à pesquisa da origem e evolução do supercontinente Gondwana. A entidade publica uma revista científica de oito edições anuais, com fator de impacto 8,235 (2014), onde já foram inseridos onze artigos referentes à Formação Irati.

A Formação Irati possui correlação cronoestratigráfica com unidades sedimentares no Paraguai, Argentina, Uruguai, Namíbia e África do Sul. Uma importante correlação da Formação Irati é com a Formação Whitehill da Bacia do Karoo (OELOFSEN, 1987), na África do Sul. Ambas as unidades apresentam correspondência temporal as mesmas litologias (Figura 21) e conteúdo fossilífero. Com base nesta correlação, o meteorologista Alfred Wegner propôs, em 1915, que os continentes africano e sul-americano já estiveram unidos.

Figura 21 - Correlação estratigráfica entre as bacias do Paraná (Brasil) e do Karoo (África do Sul) com destaque para as formações Whitehill e Irati



Fonte: Adaptado de Oelofsen (1987)

5.2.2 Répteis mesossaurídeos – Valor estético e científico/educativo

O conteúdo fóssilífero da Formação Irati é diverso, incluindo exemplares de répteis, peixes, crustáceos, fragmentos vegetais e palinórfos. Dentre estes, o grupo de maior importância são os répteis da família dos mesossaurídeos (SIMÕES; FITTIPALDI, 1992). Além do valor científico/educativo, pelos motivos que serão descritos a seguir, os fósseis possuem valor estético devido a alguns exemplares com elevado grau de preservação

Encontrados tanto na América do Sul, quanto na África, os fósseis de mesossaurídeos representam um dos principais argumentos a favor da teoria da deriva continental. Mesmo hoje, com a ampla aceitação da teoria, esses fósseis ainda são extensamente estudados, graças às interpretações paleoambientais feitas a partir de sua tafonomia.

Os mesossaurídeos (Figura 22) eram animais de hábito aquático que habitavam o mar Irati-Whitehill durante o período Permiano. Segundo Oelofsen e Araújo (1983), os mesossaurídeos foram os primeiros répteis a retornarem à água

depois de um período de domínio terrestre. Uma análise do seu esqueleto mostrou que possuíam uma estrutura intermediária entre animais terrestres e aquáticos.

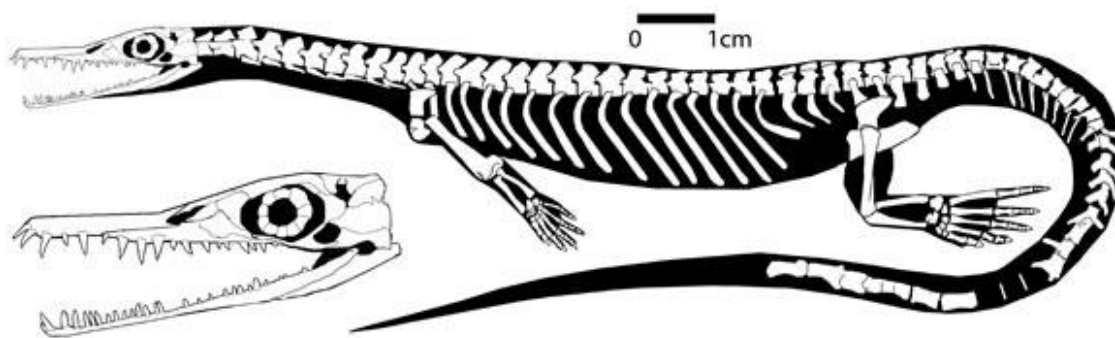
Figura 22 - Fóssil de *Stereosternum tumidum*, réptil mesossaurídeo em rocha calcária



Fonte: Acervo do Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim” da UNESP, Câmpus de Rio Claro.

O corpo dos mesossaurídeos era alongado, podendo chegar a um metro de comprimento. Possuía uma cauda longa e dedos dotados de membranas natatórias. O crânio em forma triangular contém um número considerável de dentes delgados, apropriados a uma dieta carnívora (Figura 23). Os mesossauros alimentavam-se principalmente de crustáceos, cujos fósseis são encontrados nas mesmas rochas.

Figura 23 - Reconstrução do esqueleto de *Stereosternum tumidum*



Fonte: Peters (2015)

5.2.2.1 Taxonomia

Os mesossauros pertencem à ordem Mesosauria e à Família Mesosauridae. Atualmente se conhecem três gêneros desta família: *Mesosaurus*, *Stereosternum* e *Brazilosaurus*. O primeiro exemplar fóssil cientificamente descrito foi encontrado em 1864, na África do Sul. O cientista Paul Gervais, que o estudou, denominou a espécie de *Mesosaurus tenuidens*.

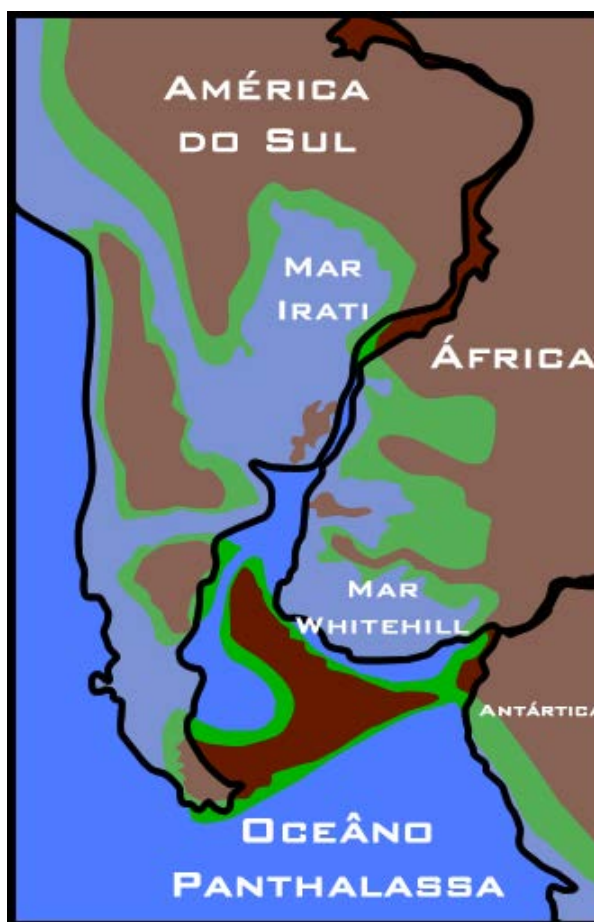
Em 1885, foram encontrados fósseis de mesossaurídeos no interior do estado de São Paulo (municípios de Rio Claro, Limeira, Itapetininga e Tietê). Os exemplares foram estudados pelo cientista Edward Drinker Cope que denominou a nova espécie de *Stereosternum tumidum*. Uma terceira espécie foi descrita no estado de São Paulo por Shikama e Ozaki, em 1966. Os cientistas a designaram de *Brazilosaurus sanpauloensis*.

Outros exemplares das três espécies foram encontrados nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás. Também foram encontradas espécies de mesossauros no Paraguai, Uruguai, Namíbia e África do Sul. A presença destas espécies tanto na América do Sul quanto na África, em unidades cronoestratigráficas equivalentes, tem sido expressivamente utilizada como indício da tectônica de placas.

5.2.2.2 Interpretações paleoambientais

A partir das informações coletadas sobre a localização e tafonomia dos fósseis, são feitas diversas interpretações paleoambientais. Região ocupada pelo chamado mar Irati-Whitehill (habitat dos mesossaurídeos) corresponde hoje ao Brasil, Paraguai, Argentina, Uruguai, Namíbia e África do Sul (Figura 24). Toda essa região compreendeu um sistema de bacias sedimentares intracratônicas, durante o final da Era Paleozóica e início da Mesozóica.

Figura 24 - Reconstituição paleogeográfica do continente Gondwana na região do mar Irati-Whitehill no período Permiano

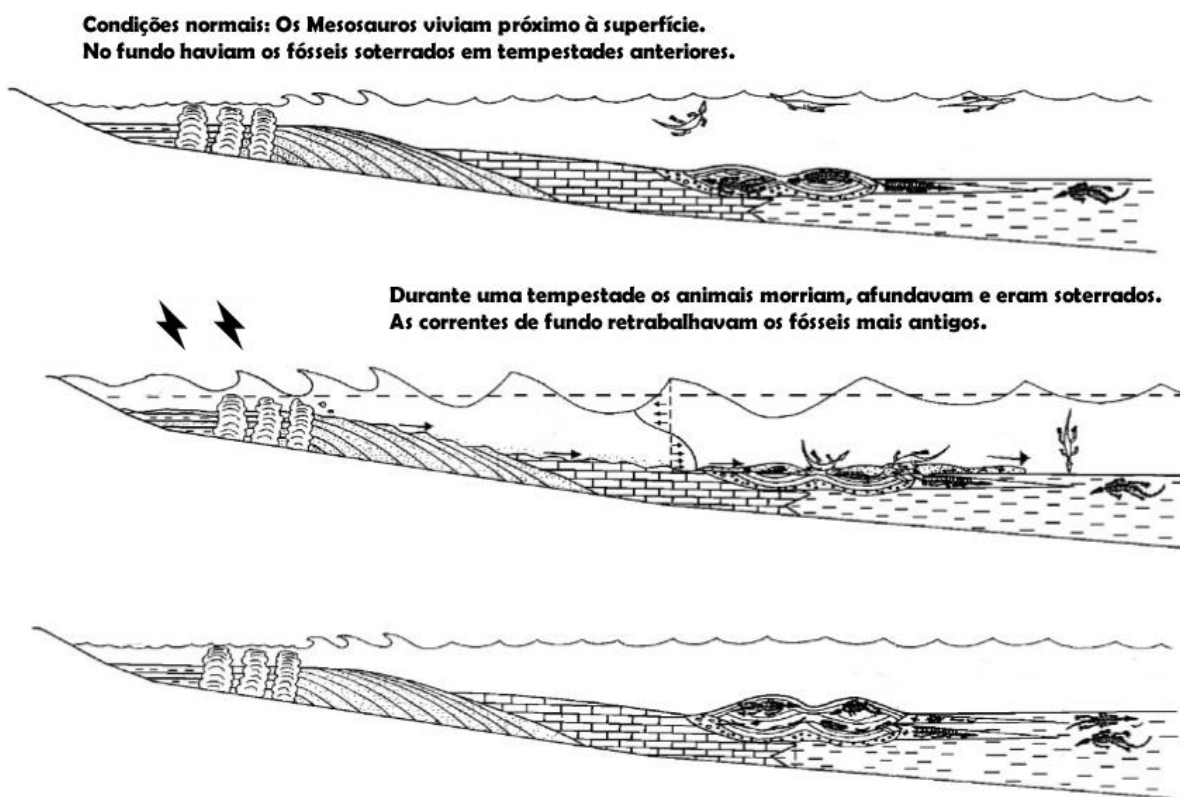


Fonte: Adaptado de Soares (2003).

Segundo Lavina, Araújo-Barbarena e Azevedo (1991), o clima na região do mar Irati-Whitehill era caracterizado por verão quente e seco, e inverno frio e úmido. Sucessivas tempestades que ocorriam durante o inverno amplificavam o efeito das ondas e correntes de fundo oceânico, provocando a morte em massa de mesossaurídeos e outros organismos. Quando a tempestade diminuía, todo este material era coberto pelos sedimentos finos que estavam em suspensão.

Novas tempestades causavam o retrabalhamento dos tempestitos e turbiditos anteriores, principalmente nas zonas mais proximais à praia. Nas zonas mais distais e profundas, os sedimentos quase não eram afetados pelo retrabalhamento das tempestades e, portanto, a preservação dos fósseis era melhor (Figura 25). Segundo Oelofsen e Araújo (1983), a espécie *Mesosaurus brasiliensis* era mais adaptada a regiões mais centrais e profundas da bacia, enquanto as espécies *Stereosternum tumidum* e *Brazilosaurus sanpauloensis* habitavam as porções marginais mais rasas.

Figura 25 - Interpretações paleoambientais feitas a partir do estudo tafonômico de exemplares fósseis de mesossaurídeos



Fonte: Adaptado de Soares (2003)

5.2.3 Cristais de pirita e nódulos e camadas de sílex – Valor estético e científico/educativo

A ocorrência de nódulos de sílex (popularmente conhecidos como “bonecas”) e cristais bem formados de pirita são dois aspectos notáveis da Formação Irati, que agregam valor mineralógico, científico, educacional e estético à unidade.

Esses minerais possibilitam a realização de estudos que remetem às condições geoquímicas da deposição e diagênese da Formação Irati. Além disso, os cristais e “bonecas” bem formados, devido ao apelo estético, atraem a atenção do público leigo, estimulando a curiosidade científica.

Pirita

A pirita ocorre na Formação Irati nas fácies de folhelhos pirobetuminosos e calcilutitos dolomíticos. São encontrados cristais subédricos a euédricos, cujo

tamanho varia de submilimétrico a centimétrico. O mineral ocorre sob a forma de cristais isolados ou agregados lenticulares (Figura 26).

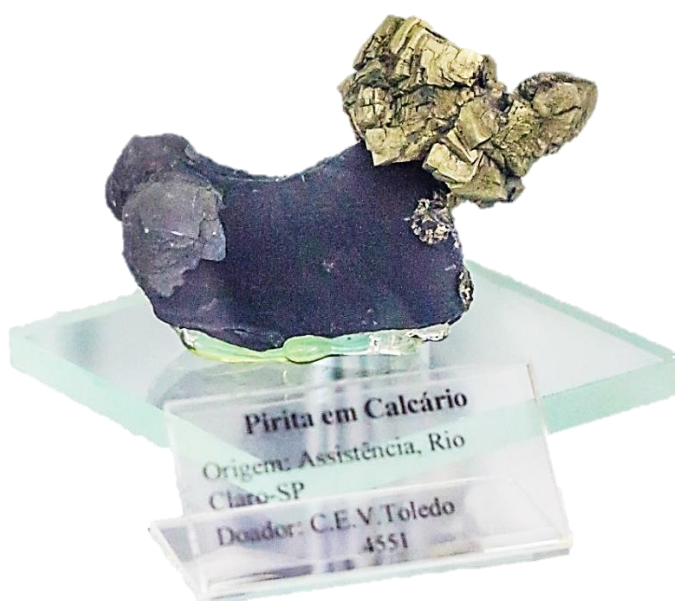
Figura 26 – Agregado de piritas em folhelho da Formação Irati



Fonte: Acervo do Museu de Minerais e Rochas “Heinz Ebert” da UNESP de Rio Claro

O valor estético dos cristais de pirita é propiciado pela ocorrência de cristais bem formados ou dotados de formas raras, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 – Pirita da Formação Irati em folhelho



Fonte: Acervo do Museu de Minerais e Rochas “Heinz Ebert” da UNESP de Rio Claro

A pirita da Formação Irati tem caráter autigênico, ou seja, foi formada durante a sedimentação ou diagênese precoce da rocha (HACHIRO, 1996). O mineral é um eficiente indicador das condições físico-químicas no ambiente de sedimentação.

A pirita é originada da reação do sulfeto de hidrogênio (H_2S) com os hidróxidos de ferro presentes no material argiloso. Segundo Amaral (1971), o H_2S , que é tóxico aos organismos, contribuiu para “envenenar” os sedimentos. Este é considerado um dos fatores que colaborou para a mortandade em massa dos animais durante tempestades (LAVINA; ARAÚJO-BARBARENA; AZEVEDO, 1991). A pirita também é um indicador de condições redutoras no fundo do corpo d’água, inóspitas a organismos bentônicos.

Sílex

O sílex ocorre na Formação Irati nas fácies de folhelhos pirobetuminosos e calcários, em forma de camadas centimétricas, nódulos milimétricos a centimétricos, veios, blocos irregulares submétricos e lâminas (AMARAL, 1971).

Dentre estes, destacam-se os nódulos esféricos coalescidos, conhecidos popularmente como “bonecas” de sílex (Figura 28), em alusão às tradicionais bonecas russas (*matrioskas*). Estas concreções possuem tamanho centimétrico, atingindo 25 centímetros de comprimento, em alguns casos.

Figura 28 – “Boneca” de sílex da Formação Irati, com aproximadamente 25 centímetros de comprimento



Fonte: Acervo do Museu de Minerais e Rochas “Heinz Ebert” da UNESP de Rio Claro

Segundo Amaral (1971), a variabilidade nas formas de ocorrência do sílex, representa diferentes condições de formação. Para o autor, o sílex teve como fonte, a sílica remobilizada dos sedimentos argilosos e de espículas silicosas de esponjas. Os processos de formação podem ser singenéticos, metassomáticos, magmáticos ou climáticos.

5.2.4 Calcário Agrícola – Valor cultural e econômico

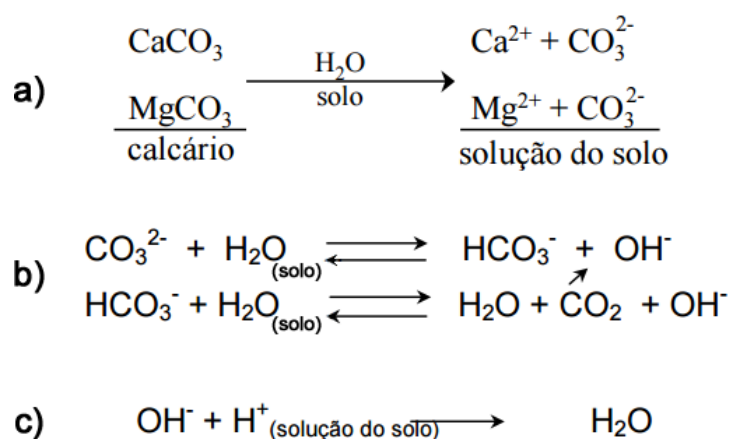
O calcário dolomítico da Formação Irati é destinado ao setor agrícola, utilizado no processo de decalagem, ou seja, correção do solo ácido pela introdução do calcário moído.

Além de elevado valor econômico, o calcário também agrega valor cultural à Formação Irati, devido a seu histórico de exploração mineral na região de Rio Claro. Mundialmente, seu uso na correção da acidez do solo é registrado desde o século XIV (NAHASS; SEVERINO, 2003).

5.2.4.1 Ação química

Os calcários da Formação Irati são compostos, principalmente, por carbonatos de cálcio (CaCO_3) e de magnésio (MgCO_3). Quando se aplica o calcário no solo, os carbonatos de cálcio e magnésio reagem com a água (H_2O), liberando gás carbônico (CO_2). O gás carbônico, por sua vez, proporciona a formação de íons hidroxila (OH^-) que neutralizam a acidez do solo (Figura 29).

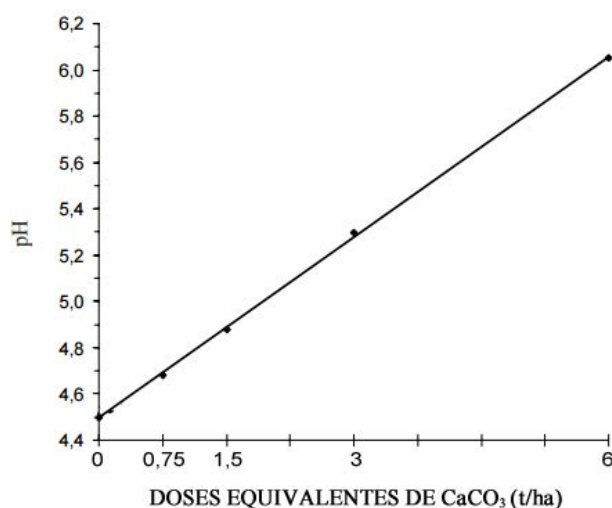
Figura 29 - Reações do calcário no solo para correção da acidez



Fonte: Alcarde (2005)

Assmann et al. (1999) estudaram o efeito da utilização do calcário no solo, obtendo uma relação entre as doses de carbonato de cálcio aplicadas ao solo e o incremento do pH (Figura 30).

Figura 30 - Relação entre a dosagem equivalente de carbonato de cálcio e o incremento do pH do solo



Fonte: Assmann et al. (1999)

Segundo Malavolta (1989), em algumas culturas como o algodão, o aumento de produtividade propiciado pela calagem pode chegar a 500%.

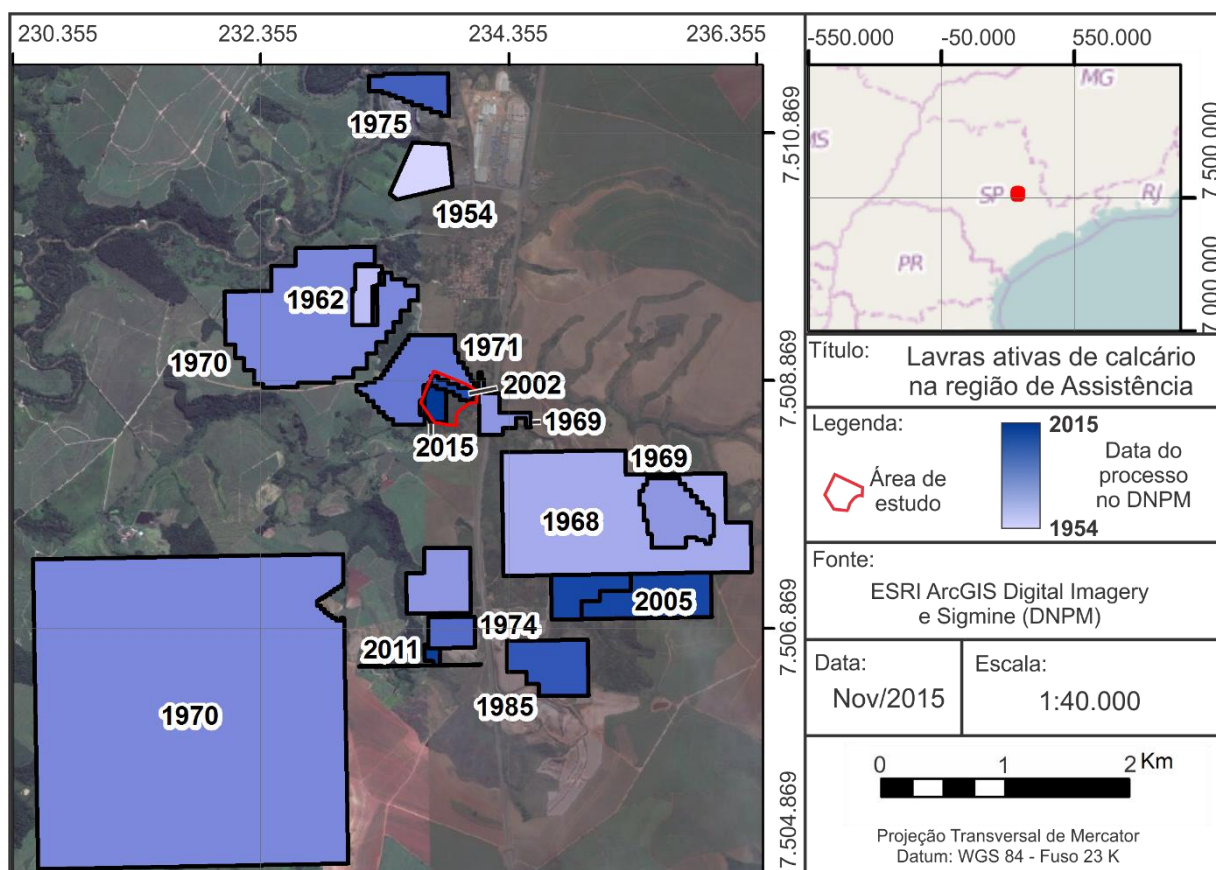
Além de aumentar o pH do solo, a rocha também é fonte de macronutrientes secundários, por conter íons de Ca, Mg, S, Si, B, Cu, Fe, Mn, Se, Zn, liberados quando em contato com a água (EMBRAPA, 2010). Valadares, Bataguia e Furlani (1974) estudaram os efeitos da calagem na disponibilidade de outros elementos importantes para a fertilidade do solo. Os pesquisadores avaliaram que, dependendo da cultura, duas toneladas por hectare de calcário no solo podem suprir as necessidades de manganês, ferro e cobre.

5.2.4.2 Histórico da exploração de calcário em Rio Claro

O calcário dolomítico da Formação Irati começou a ser extraído na região de Rio Claro, na década de 1950. Na época, o minério era vendido a produtores agrícolas locais para corrigir a acidez do solo, conforme já mencionado. A região foi pioneira nesse setor mineral no Brasil.

A Figura 31 apresenta o mapa de processos minerários ativos, cadastrados junto ao DNPM, na região de Assistência desde 1954 até 2015. Os polígonos estão ordenados pela data de instalação do processo junto ao DNPM, do azul claro (mais antigos) ao azul escuro (mais recentes).

Figura 31 – Lavras ativas de calcário na região de Assistência



Fonte: Sigmime – DNPM (2015)

A extração de calcário foi impulsionada no ano de 1975, com o desenvolvimento do Plano Nacional de Calagem, pelo governo federal. As plantas de extração e beneficiamento existentes foram, então, ampliadas e novos projetos tiveram início. Na década de 1990, a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola - ABRACAL elaborou o Plano Nacional de Calcário Agrícola – PLANACAL, cujo objetivo foi esclarecer os agricultores sobre os benefícios da calagem à agricultura e incentivar pesquisas científicas sobre seu uso (ABPCA, 1995).

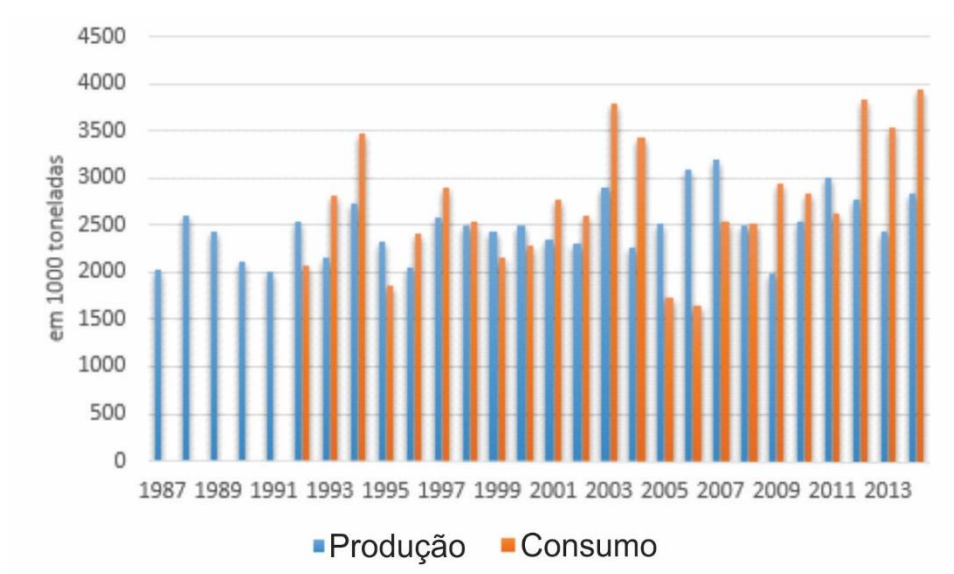
Em 2013, o governo federal promoveu o seminário sobre o “Dia Nacional do Calcário Agrícola” com o intuito de alertar o produtor rural sobre a importância da

calagem para a agricultura brasileira. Em 2014, dois programas do governo federal incentivaram o uso do calcário agrícola no solo: o Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais - MODERAGRO e o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). Ambos os programas permitiram aos produtores rurais financiar a aquisição, transporte, aplicação e incorporação do calcário agrícola (MARTINS JUNIOR, 2014).

Atualmente, graças aos benefícios da calagem do solo, ao incentivo institucional e ao desenvolvimento da agricultura, o calcário é amplamente utilizado no Brasil. A produção de calcário agrícola no Brasil, em 2014, foi de 28,3 Mt. Já, o consumo no mesmo ano foi de 39,4 Mt, indicando um potencial para crescimento na produção.

A Figura 32 apresenta um histórico da produção e o consumo do calcário agrícola no Brasil (MARTINS JUNIOR, 2014).

Figura 32 - Histórico da produção (azul) e consumo (laranja) de calcário agrícola no Brasil, entre 1987 e 2014



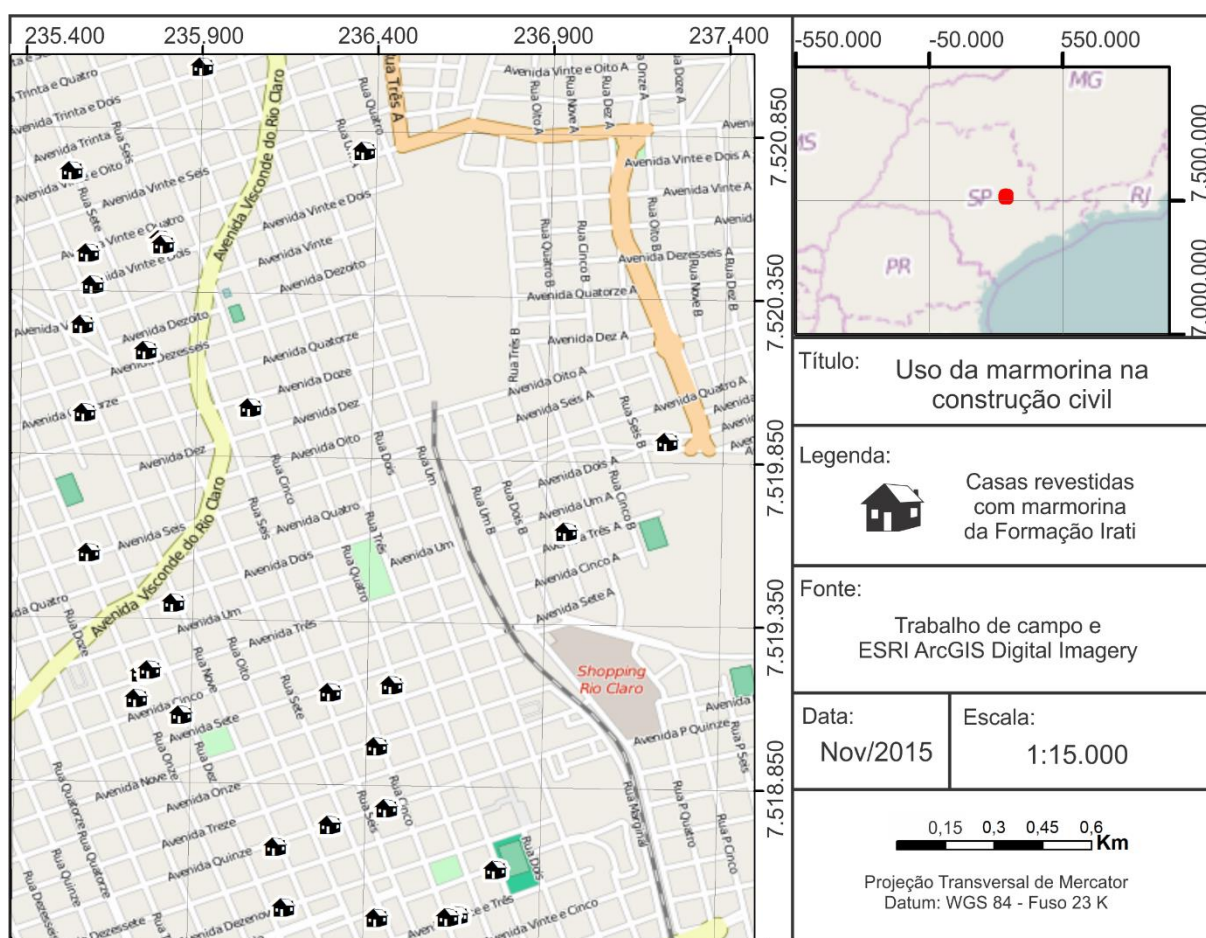
Fonte: ABRACAL (2014)

O Plano Nacional de Mineração (PNM-2030) prevê que o consumo de calcário agrícola deverá crescer mais que os demais minerais de uso agrícola nos próximos anos. As projeções para a produção de calcário agrícola são da ordem de 34,1 Mt, em 2015; 54,8 Mt, em 2022, e 94,1 Mt, em 2030 (BRASIL, 2010).

5.2.5 Marmorina na construção civil – Valor cultural e econômico

Outra utilização da Formação Irati também dotada de valor econômico e cultural é sua aplicação como revestimento na construção civil. Apesar do calcário não ser uma rocha tipicamente utilizada como revestimento, há um histórico de uso na região de Rio Claro, principalmente em algumas casas mais tradicionais do município (Figura 33).

Figura 33 – Uso da marmorina na construção civil



Fonte: Trabalho de campo

O calcário, quando próximo a intrusões de diabásio, sofre um processo de metamorfismo de contato, cujo resultado é uma rocha recristalizada e rica em lentes e nódulos de sílex. Esta rocha é comercialmente conhecida como marmorina e, ao contrário do calcário não recristalizado, é mais resistente ao intemperismo. Devido às suas características e por não ser utilizável para a fabricação de calcário para corretivo

de solo, a marmorina foi comercializada como pedra ornamental. A marmorina é apreciada especialmente por sua combinação de cores (Figura 34).

Além de diversas casas, a cidade possui um muro de arrimo construído com blocos de rochas da Formação Irati, situado junto à Avenida Nossa Senhora da Saúde na altura da rotatória com a Avenida Ulisses Guimarães. De grandes dimensões (15 metros de comprimento e 5 metros de altura), a estrutura seria um belo registro do patrimônio cultural do município, mas, encontra-se suja e coberta por vegetação.

Figura 34 - Residência do município de Rio Claro, mostrando fachada revestida por marmorina

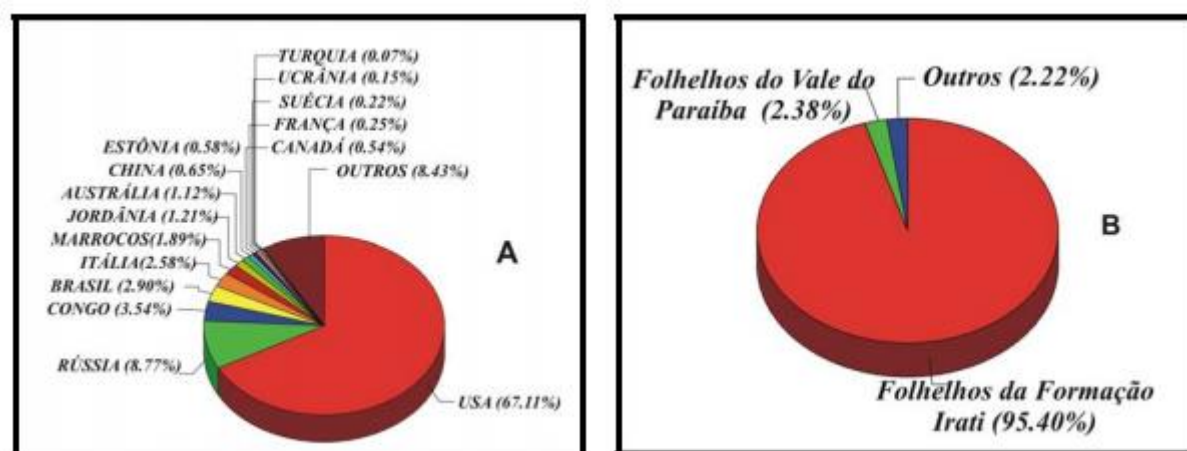


Fonte: Trabalho de campo

5.2.6 Folhelho pirobotuminoso – Valor cultural e econômico

Os folhelhos pirobotuminosos da Formação Irati são conhecidos pelo potencial para extração de hidrocarbonetos desde meados do século XIX. Segundo Costa (2006), seu conteúdo constitui mais de 95% da reserva brasileira de folhelho pirobotuminoso, que por sua vez, está entre as maiores do mundo (Figura 35)

Figura 35 - A: Principais reservas mundiais de hidrocarbonetos em folhelhos; B: Unidades fontes das reservas brasileiras de hidrocarboneto em folhelhos



Fonte: Silva (2007)

5.2.6.1 Histórico da exploração do folhelho pirobetuminoso

O histórico do aproveitamento comercial do folhelho pirobetuminoso da Formação Irati teve início na década de 1920, quando o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB) realizou pesquisas para prospecção de petróleo no interior paulista. Apesar de não se ter encontrado óleo, as perfurações foram responsáveis pela surgência de outro bem mineral: as águas minerais/medicinais que permitiram o desenvolvimento do município de Águas de São Pedro, uma das principais estâncias hidrominerais do país. Um dos registros históricos desta época é a Torre de Petróleo Engenheiro Ângelo Balloni, localizada no município de São Pedro, interior de São Paulo (GROSSI; SURIAN; FELIZOLA, 2012).

Outros poços de prospecção foram montados na região pelo escritor Monteiro Lobato, que fundou a Companhia Petróleos do Brasil com recursos próprios e de investidores. Segundo Rontan Júnior (2010), a empresa de Lobato perfurou cinco poços, dos quais três oferecem hoje água com propriedades medicinais à estância de Águas de São Pedro (Figura 36).

Figura 36 - Monteiro Lobato em torre da Companhia Petróleos do Brasil



Fonte: Rontan Júnior (2010)

Em 1953, o governo federal criou a empresa Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), para pesquisar e explorar petróleo no Brasil. Em 1972, a Petrobras inaugurou a Usina Protótipo do Irati (UPI), localizada em São Mateus do Sul (PR), com o intuito de extrair óleo dos folhelhos pirotetuminosos da Formação Irati. A empresa desenvolveu uma tecnologia própria para a extração de óleo dos folhelhos, conhecida como Petrosix. Atualmente, a unidade possui capacidade instalada de 5.880 toneladas por dia. Os principais produtos beneficiados são óleos combustíveis, gás liquefeito de petróleo (GLP), gás combustível, nafta, enxofre, além de insumos industriais e para agricultura.

Em 1979, foi criada a Paulipetro, um consórcio entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e a Companhia Energética de São Paulo (CESP), com o intuito de desenvolver um programa de exploração de petróleo no interior do estado de São Paulo (TRIGÜIS, 1986). Até 1985, a Petrobras e a Paulipetro

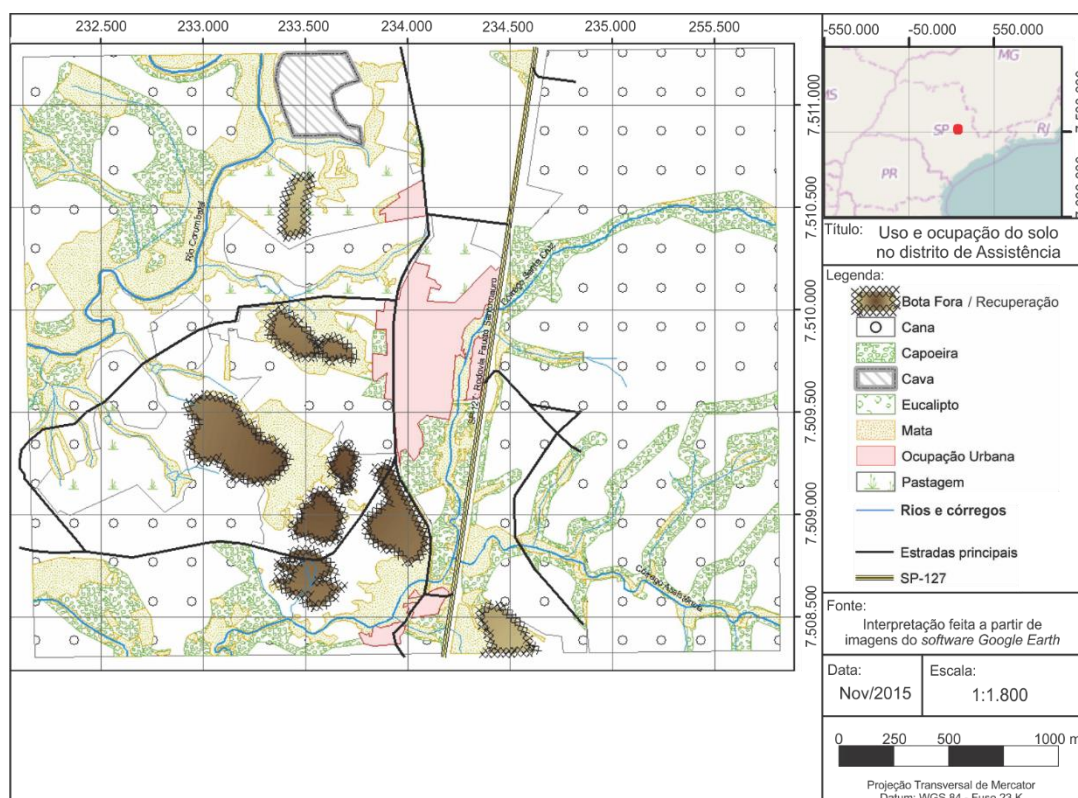
perfuraram 106 poços na Bacia do Paraná (QUINTAS; MANTOVANI; ZALÁN, 1999). Apesar de não terem sido encontradas reservas econômicas, o programa deixou um legado de conhecimento científico acerca da geologia, estratigrafia e estrutural da Bacia do Paraná.

5.2.7 Uso e ocupação do solo – Valor funcional

Diversos fatores associados ao solo da Formação Irati conferem valor funcional à unidade. De forma genérica, o solo da Formação Irati funciona como base para a biodiversidade e abriga uma série de processos físicos e ecológicos. Ademais, a unidade tem valor pelo seu papel no uso e ocupação do solo.

A análise do uso e ocupação do solo na região de estudo mostra que uma parcela significativa da faixa de afloramentos da Formação Irati é ocupada pela agricultura (Figura 37). Por se tratar de um solo fértil (AMARAL, 1971), é largamente utilizado como substrato da cultura canvieira. Tradicional na região, o plantio da cana-de-açúcar vem se intensificando nos últimos anos e é predominante na região de Assistência.

Figura 37 – Uso e ocupação do solo na área de estudo

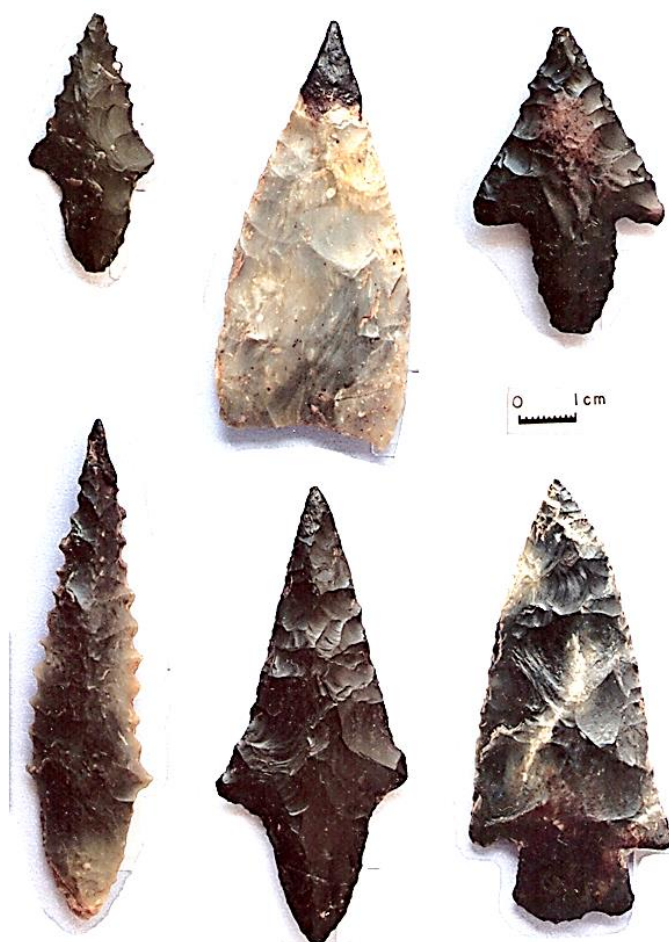


Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.8 Artefatos líticos pré-históricos - Valor cultural e científico/educativo

Na região de Rio Claro existem diversos sítios arqueológicos líticos, que apresentam abundantes vestígios da utilização de rochas por grupos humanos pré-históricos. Foram encontrados artefatos líticos lascados, como: raspadores, furadores e pontas de projéteis (Figura 38). A idade destes materiais pode chegar a 11 mil anos como se constatou no Sítio Alice Boër, o mais antigo do estado de São Paulo (ARAUJO, 2001).

Figura 38 - Pontas de projéteis confeccionados com sílex, da coleção João Boër



Fonte: Zaine; Zaine; Perinotto (1996)

Essas descobertas possuem elevado valor cultural, pois ajudam a contar a história e delinear a identidade dos povos do interior paulista. Os artefatos líticos encontrados na região são classificados como pertencentes à tradição Umbu, uma cultura de antigos caçadores-coletores.

Segundo Silva (1968), a ocupação pré-histórica na região de Rio Claro teria sido influenciada, principalmente, pela geomorfologia suave que tornaria a região uma área de passagem e confluência de caminhos naturais. Miller Junior (1968) afirma que os artefatos encontrados na região foram produzidos a partir do lascamento e espatifamento da matéria-prima ou foram seletivamente coletados, aproveitando as formas preexistentes.

Além do valor cultural, essas descobertas possuem grande valor para o conhecimento científico. Miller Junior (1969) fez uma série de interpretações ambientais, com base nas características dos diversos materiais encontrados. Segundo o autor, um grupo de ferramentas apropriadas para a caça, indica altas temperaturas associadas à vegetação de estepe ou savana, o que seria favorável ao desenvolvimento dos animais. Mudanças climáticas cíclicas causariam o aumento da umidade, expansão da floresta e diminuição da diversidade animal de caça de grande porte. Isso provocaria um recuo da caça, o que foi registrado em mudanças no tipo de ferramentas encontradas para tais épocas.

Segundo Araujo (2001), os artefatos eram compostos, principalmente, de sílex e quartzo. Não existem estudos conclusivos sobre a origem estratigráfica deste material, mas a grande quantidade de sílex nas rochas da Formação Irati deve ter constituído a matéria-prima para os artefatos líticos encontrados.

5.2.9 Curso de graduação em geologia de UNESP Campus de Rio Claro – Valor cultural e científico/educativo

Criado em 1970, o curso de geologia da UNESP, sediado no município de Rio Claro, tem uma forte relação com o arcabouço geológico da região, com destaque especial para a Formação Irati.

O curso foi instalado em uma região importante para a observação geral do contexto geológico da Bacia do Paraná. Num raio de 30 km², ao redor da sede do município de Rio Claro, existem importantes registros geológicos e estratigráficos que documentam, aproximadamente, 250 milhões de anos de processos deposicionais, magmáticos, tectônicos e geomorfológicos. O quadro geológico abrange as eras Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica, representadas por vários tipos de rochas sedimentares e vulcânicas, além de registros fósseis.

A região abriga um alto estrutural conhecido como Domo de Pitanga (SOARES, 1974). Este soergimento tectônico das rochas expôs, dentro de seus limites, diversas unidades estratigráficas da Bacia do Paraná que, normalmente, não aflorariam tão próximo da área de estudo. Estas características permitem que a região seja utilizada como excelente laboratório de atividades práticas para as geociências (AMORIM; EBERT; HORST, 2005).

Além do valor científico e educacional, o curso de Geologia da UNESP destaca o valor cultural da Formação Irati, devido a seu reconhecimento como formador de identidade. Pela importância da Formação Irati para a comunidade científica internacional, esta unidade é amplamente conhecida pelos estudantes que visitam seus afloramentos já nos primeiros dias do curso. Dado o valor desta unidade, o réptil mesossaurídeo *Stereosternum tumidum*, é o símbolo do curso de Geologia (Figura 39).

Figura 39 - Bandeira do curso de geologia de UNESP de Rio Claro, tendo como símbolo o mesossaurídeo *Stereosternum tumidum*



Fonte: Acervo pessoal

5.2.10 Visitações aos afloramentos da Formação Irati – Valor científico/educativo

As pedreiras de calcário da região de Rio Claro são frequentemente visitadas, em virtude de seu elevado valor científico e didático. Os visitantes são compostos por alunos do ensino fundamental, médio e superior, além de profissionais das Geociências.

O interesse pelas pedreiras decorre, principalmente, de seu valor estratigráfico, paleontológico, econômico, sedimentar, mineralógico e paleoambiental.

Os locais visitados são importantes sítios para coleta de dados para pesquisa. A assembleia fossilífera, as estruturas sedimentares e o hidrocarboneto na rocha são os principais aspectos estudados na Formação Irati.

Os alunos do ensino fundamental e médio exploram temas como: a mineração de calcário, a geologia ambiental e a mineralogia. Apesar de jovens, durante monitorias realizados, esses alunos demonstraram grande desenvoltura na compreensão dos temas ligados às geociências.

Alunos do ensino superior são, normalmente, levados às pedreiras para observação dos afloramentos didáticos de grande dimensão. A região é visitada por turmas dos cursos de Geologia das três universidades paulistas, e de outros estados como: Rio de Janeiro, Minas Gerais e Pará. Os afloramentos da Formação Irati também são visitados por alunos dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia de Minas, Geografia, entre outros.

5.2.11 Síntese dos valores da diversidade para a Formação Irati na área de estudo

Para uma melhor compreensão dos valores apresentados nesta seção, o quadro 3 apresenta uma síntese dos elementos relativos a cada valor do patrimônio geológico da Formação Irati.

Quadro 3 – Síntese dos valores geopatrimoniais identificados para a Formação Irati

Valor geopatrimonial	Elemento
Valor intrínseco	Formação Irati
Valor cultural	Calcário agrícola Uso na construção civil Folhelho pirobetuminoso Solo e rochas Artefatos pré-históricos Curso de graduação em Geologia
Valor estético	Cristais de pirita e nódulos de sílex Répteis mesossaurídeos
Valor econômico	Calcário agrícola Uso na construção civil Folhelho pirobetuminoso
Valor funcional	Solo e rochas
Valor científico/educativo	Unidade isócrona transcontinental Répteis mesossaurídeos Cristais de pirita e nódulos de sílex Artefatos pré-históricos Curso de graduação em geologia Visitações aos afloramentos

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Quantificação e significado

A quantificação da relevância da área de estudo foi calculada, como forma de apoiar e justificar a conservação do patrimônio da Formação Irati, conforme proposto neste trabalho.

No quadro 4 é apresentado o resultado da quantificação para cada critério, seguido do valor final da quantificação. A elaboração do quadro foi baseada nas condições esperadas ao término das atividades de mineração na área.

Quadro 4 - Quantificação dos valores da Formação Irati

A. CRITÉRIOS INTRÍNSECOS AO GEOSSÍTIO	
A.1 - Abundância/raridade	4 - existem 2-4 exemplos na região
A.2 - Extensão (m²)	3 – 10.000 a 100.000
A.3 - Grau de conhecimento científico	5 - mais de uma tese de doutoramento/mestrado e mais de um artigo publicado em revista internacional
A.4 - Utilidade como modelo para ilustrar processos geológicos	5 - público geral
A.5 - Diversidade de elementos de interesse presentes	5 - cinco ou mais tipos de interesse
A.6 - Local-tipo	5 - reconhecido como um local-tipo na área em análise
A.7 - Associação com elementos de índole cultural	5 – existem evidências de interesse arqueológico e de outros tipos no local ou nas suas imediações
A.8 - Associação com outros elementos do meio natural	3 - flora situada em Área de Preservação Permanente
A.9 - Estado de conservação	5 - perfeitamente conservado, sem evidências de deterioração
B. CRITÉRIOS RELACIONADOS COM O USO DO GEOSSÍTIO	
B.1 - Possibilidade de realizar atividades	5 - é possível realizar atividades científicas e pedagógicas
B.2 - Condições de observação	5 - facilmente observável na integridade
B.3 - Coleta de objetos geológicos	3 - é possível a colheita de algum tipo de objeto embora com restrições
B.4 - Acessibilidade	4 - acesso a partir de estradas secundárias
B.5 - Infraestrutura logística	5 - alojamento e restaurante para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km

B.6 - Densidade de Povoação	4 - entre 500.000 e 1.500.000 habitantes em um raio de 25 km
B.7 - Condições socioeconômicas	5 - municípios com elevados índices de riqueza e bons indicadores sociais
C. CRITÉRIOS RELACIONADOS COM A NECESSIDADE DE PROTEÇÃO DO GEOSSÍTIO	
C.1 - Proximidade a zonas potencialmente degradadoras	5 - geossítio situado a menos de 500 m de uma atividade potencialmente degradadora
C.2 - Regime de proteção	3 - geossítio situado em área sem regime de proteção e com controle de acesso
C.3 - Interesse para a exploração mineral	1 - geossítio encontra-se em uma zona com grande interesse mineiro e com concessão de lavra ativa
C.4 - Valor dos terrenos (reais/m²)	4 – R\$ 5 a R\$ 500
C.5 - Regime de propriedade	2 - terreno privado pertencente a um só proprietário
C.6 - Vulnerabilidade	3 - possibilidade de deterioração de conteúdos principais, decorrentes de atividade antrópica ou natural

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Brilha (2005), a área de estudo é classificada como um geossítio de âmbito internacional, pois:

$$A1 = 4$$

$$A3 = 5$$

$$A6 = 5$$

$$A9 = 5$$

$$B1 = 5$$

$$B2 = 5$$

Desta forma, o cálculo da quantificação final da relevância do geossítio foi realizado a partir da equação:

$$Q = \frac{2A + B + 1.5C}{3}$$

A soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios é:

$$A = 40$$

$$B = 31$$

$$C = 18$$

Dessa forma, a quantificação final de relevância do geossítio é:

$$Q = 46$$

De acordo com Brilha (2005), a escala dos valores de quantificação da relevância para geossítios de âmbito internacional/nacional varia de:

- $Q_{\text{mínimo}} = 11$
- $Q_{\text{máximo}} = 57$

Considerando uma escala de 0 a 100%, com 0% representando $Q_{\text{mínimo}}$ e 100% representando $Q_{\text{máximo}}$, o geossítio de estudo apresentou $Q = 46$, correspondendo a 76%.

O valor resultante da quantificação final (Q) pode ser comparado com outros geossítios. Deve-se atentar que a comparação com geossítios de caráter muito distinto pode levar a interpretações equivocadas. Dessa forma, a comparação deve ser feita com geossítios próximos ou de caráter semelhante.

Ribeiro et al. (2013) realizaram o inventário e a quantificação de onze geossítios na região de Rio Claro. Segundo os autores, quatro dos geossítios estudados possuem relevância internacional/nacional. Destes, o geossítio com a maior relevância possui $Q = 39$. A média dos valores de relevância dos quatro geossítios é $Q_{\text{médio}} = 36,5$.

Cabe ressaltar que os autores estudaram um geossítio da Formação Irati em uma pedreira ativa da empresa Partecal. Diferindo do resultado deste trabalho, Ribeiro et al. (2013) atribuíram relevância regional/local e valor $Q = 25$ para o geossítio. Caso os autores tivessem atribuído relevância internacional/nacional, o valor seria $Q = 38$.

A diferença na quantificação entre a área estudada pelos autores e por este trabalho decorre da heterogeneidade entre os geossítios.

5.4 Classificação

A conservação da geodiversidade está, juridicamente, amparada pela legislação brasileira. A Constituição Federal de 1988, em seu Art. 216, inciso V define como patrimônio cultural brasileiro, “os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico,

paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”. A respeito do patrimônio cultural brasileiro consta no parágrafo 1º do referido artigo:

O Poder Público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação.

O Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, organiza a proteção e define as regras do tombamento do patrimônio histórico e artístico nacional. Segundo o parágrafo 2º do Art. 1º do Decreto-Lei:

[...] são também sujeitos a tombamento os monumentos naturais, bem como os sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pelo (sic) natureza ou agenciados pelo (sic) indústria humana (BRASIL, 1937).

A autarquia responsável pela preservação do Patrimônio Cultural Brasileiro é o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), vinculado ao Ministério da Cultura.

Em âmbito estadual, a Constituição Estadual de São Paulo, em seu Artigo 261 afirma:

O Poder Público pesquisará, identificará, protegerá e valorizará o patrimônio cultural paulista, através do Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado – CONDEPHAAT, na forma que a lei estabelecer (SÃO PAULO, 1989)(SÃO PAULO, 1989).

Em âmbito municipal, a Lei Orgânica do Município de Rio Claro, de 2005, em seu Artigo 237, coloca como dever do município, “promover a educação ambiental e a conscientização para a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente”. A lei ainda prevê a fonte dos recursos a seres destinados a esse fim. Segundo o Artigo 235, pelo menos 20% do total da receita oriunda da participação no resultado da exploração de recursos naturais deve ser destinado à conservação e recuperação ambiental (RIO CLARO, 2005).

Ainda, em seu Artigo 273, consta que:

O município pesquisará, identificará, protegerá e valorizará o patrimônio cultural rio-clarense através do Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico de Rio Claro, na forma que a lei estabelecer (RIO CLARO, 2005).

A Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, estabelece os critérios e normas para a criação, implementação e gestão das unidades de conservação. A lei institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) que tem entre os objetivos:

- Proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural (Art. 4º, alínea VII), e
- Proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos (Art. 4º, alínea VIII).

A Lei nº 9.985 propõe dois grupos de Unidades de Conservação: as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. A categoria cuja definição mais se compatibiliza com a proteção e conservação da geodiversidade é o Monumento Natural, uma Unidade de Proteção Integral.

As unidades de conservação podem ser criadas sob jurisdição federal, estadual e municipal. Cada unidade de conservação do grupo de Proteção Integral disporá de um Conselho Consultivo, presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos e organizações da sociedade civil.

5.5 Conservação

A partir da caracterização da área de estudo, por meio das etapas de inventariação, quantificação e classificação, foi traçada uma estratégia de conservação do patrimônio geológico. A proposta que pareceu mais viável, consiste na implantação de um parque de interesse geológico na atual área de exploração da Formação Irati. Entre as vantagens da criação do parque estão a proteção e valorização do patrimônio geológico, o fomento do geoturismo, da educação ambiental e da divulgação das geociências.

Inicialmente, foram realizadas reuniões entre representantes da UNESP, da SEPLADEMA e das empresas Partecal e Vila Arquitetos Urbanistas, com o intuito de definir as diretrizes do projeto. Com vistas à conservação da área, definiu-se que, se concretizado, o parque deverá ter visitação controlada e monitoramento periódico realizado por funcionário municipal. Também deverão ser adotadas ações de educação ambiental, objetivando a conscientização pela proteção e conservação da geodiversidade. Os detalhes do projeto são apresentados na seção seguinte.

5.6 Valorização e Divulgação

As estratégias de valorização e divulgação foram elaboradas a partir da caracterização do geossítio e do público-alvo, visando os objetivos da geoconservação. A partir da definição dessas estratégias, foram sugeridas ações de valorização e divulgação a serem implementadas. As ações propostas têm como objetivos específicos, a difusão da cultura científica e a utilização do patrimônio geológico para fins educacionais e turísticos.

5.6.1 Público-alvo

A elaboração das estratégias de valorização e divulgação do patrimônio geológico são direcionadas ao público que irá visitar ou se informar sobre o assunto. Com o objetivo de estabelecer uma comunicação eficiente com o público-alvo, foi feita a caracterização deste público. Este trabalho considerou a heterogeneidade do público, que pode variar desde o mais leigo em geociências ao mais especializado, propondo diferentes produtos de valorização, adaptados aos públicos distintos (Figura 40).

Figura 40 - Relação entre os diferentes tipos de materiais interpretativos e o público-alvo



Fonte: Hose (2000)

A partir de informações fornecidas pela empresa Partecal a respeito dos visitantes dos afloramentos da Formação Irati, no período de abril de 2014 a agosto de 2015, foi possível dividi-los em quatro grupos (Quadro 5):

Quadro 5 - Caracterização do público de visitantes da frente de lavra da empresa Partecal, no período de abril de 2014 a agosto de 2015. Número total de visitantes = 830; número total de visitas = 26

<p>Alunos de ensino fundamental acompanhados de professores e monitores</p>	<p>A idade média dos alunos é de 11 anos; Os grupos são compostos por 43 pessoas, em média; Todos os grupos eram compostos por alunos de escolas particulares; Os grupos são acompanhados por 3 professores em média, que possuem moderado conhecimento sobre a área; Os conteúdos abordados são relativos às disciplinas de ciências e geografia, e Os visitantes estão interessados na coleta de amostras e fósseis.</p>
<p>Alunos de graduação acompanhados de professores</p>	<p>Os grupos são compostos por 40 pessoas, em média; Os grupos são acompanhados por um professor em média, que possui amplo conhecimento sobre a área; Os visitantes estão interessados na coleta de materiais e dados científicos, e Os alunos cursam os seguintes cursos de graduação: Geologia, Biologia, Engenharia Civil, Engenharia Ambiental.</p>
<p>Alunos de pós-graduação e estagiários acompanhados ou não de orientadores</p>	<p>Os grupos são compostos por três pessoas, em média; Os visitantes possuem amplo conhecimento sobre a área; Os visitantes estão interessados na coleta de materiais e dados científicos, e Todos os visitantes eram da área de geociências.</p>
<p>Técnicos, pesquisadores e outros profissionais</p>	<p>Os grupos são compostos por 19 pessoas, em média; Os visitantes possuem amplo conhecimento sobre a área; Os visitantes estão interessados na coleta de materiais e dados científicos, e Todos os visitantes eram da área de geociências; Foi registrada a visita de pesquisadores estrangeiros.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise do perfil de cada grupo de visitantes foi possível a partir dos dados fornecidos pela empresa e pelas entrevistas realizadas com dois docentes, conforme referido no capítulo 2 MATERIAIS E MÉTODOS. Os docentes salientaram a importância de se contar com monitores especializados nas atividades de campo para orientar os alunos e professores acompanhantes, de modo a ampliar o conhecimento sobre a área visitada.

Desse modo, foram feitas as seguintes constatações, considerando as necessidades específicas:

a) Dentre os grupos de visitantes, aquele que possui o menor grau de conhecimento da área é o de alunos do ensino fundamental e médio acompanhados de professores e monitores. Assim, o material de interpretação deve ser direcionado principalmente para este grupo. Além disso, este grupo possui interesse diversificado que abrange diversos aspectos das ciências naturais.

b) Deve-se atentar à linguagem utilizada na comunicação com os alunos dos níveis fundamental e médio de ensino, devido à menor idade média. Além disso, os grupos visam adquirir conhecimentos interdisciplinares e não apenas específicos sobre a geologia, a mineração e o meio ambiente.

c) Os grupos de alunos de ensino superior e demais profissionais são menos dependentes de material interpretativo e de visitas monitoradas, por já possuírem ou estarem acompanhados de pessoas com conhecimento especializado na área.

d) A visitação por pesquisadores estrangeiros mostra a necessidade de haver disponível informações em inglês.

Em comum entre todos os grupos, e considerando as necessidades apontadas pelos dois docentes, destacam-se os seguintes pontos:

- a) Há grande interesse na coleta de amostras de rochas e fósseis.
- b) Há necessidade de o local ser provido de infraestrutura, como: estacionamento, sanitários e área de alimentação.

Além desses perfis de visitantes que já visitam o geossítio, a criação do parque geológico poderá propiciar a visitação espontânea de turistas.

Um estudo produzido por Hose (2000) identificou o perfil mais comum entre os visitantes de sítios do patrimônio geológico:

- Chegam ao local de forma não planejada;
- Não possuem experiência com geociências e geoturismo;

- Os grupos de visitantes são constituídos por famílias;
- Possuem capacidade de ler textos com dificuldade média;
- Preferem não se afastar mais de 400 metros dos veículos;
- Ignoram os painéis ou os examinam por apenas alguns minutos;
- Preferem ações interpretativas e interativas;
- Apreciam visitas guiadas com especialistas, e
- Estão dispostos a pagar uma pequena taxa de entrada.

5.6.2 Parque Geológico do Calcário Irati

A implantação de um parque geológico municipal na área de estudo visa - além de amparar a proteção e conservação da geodiversidade – valorizar e divulgar o patrimônio geológico da região.

A criação do parque tem como modelo o Parque do Varvito, localizado em Itu (SP). O Parque do Varvito foi instalado em 1995, em uma área de mineração, após seu fechamento. As antigas frentes de extração da rocha compõem uma série de paredões rochosos que constituem a atração principal do parque.

O parque é frequentado pela população local e por visitantes de outras cidades do estado de São Paulo e Brasil, além de estudantes de vários níveis e pesquisadores brasileiros e do exterior. O parque está também incluído no roteiro de excursões geológicas e de visitas de empresas de turismo ecológico do Estado de São Paulo (ROCHA-CAMPOS, 2002). Segundo a administração do parque, o número de visitas no período de 2012 a 2014 foi de 60 mil pessoas por ano.

A primeira iniciativa de criação de um sítio geológico no município de Rio Claro aconteceu no ano de 2003, quando foi encaminhada uma proposta dos Profs. Drs. José Alexandre Perinotto e Reinaldo José Bertini, docentes da UNESP de Rio Claro para a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Entretanto, a iniciativa não foi concretizada, devido à descaracterização da área.

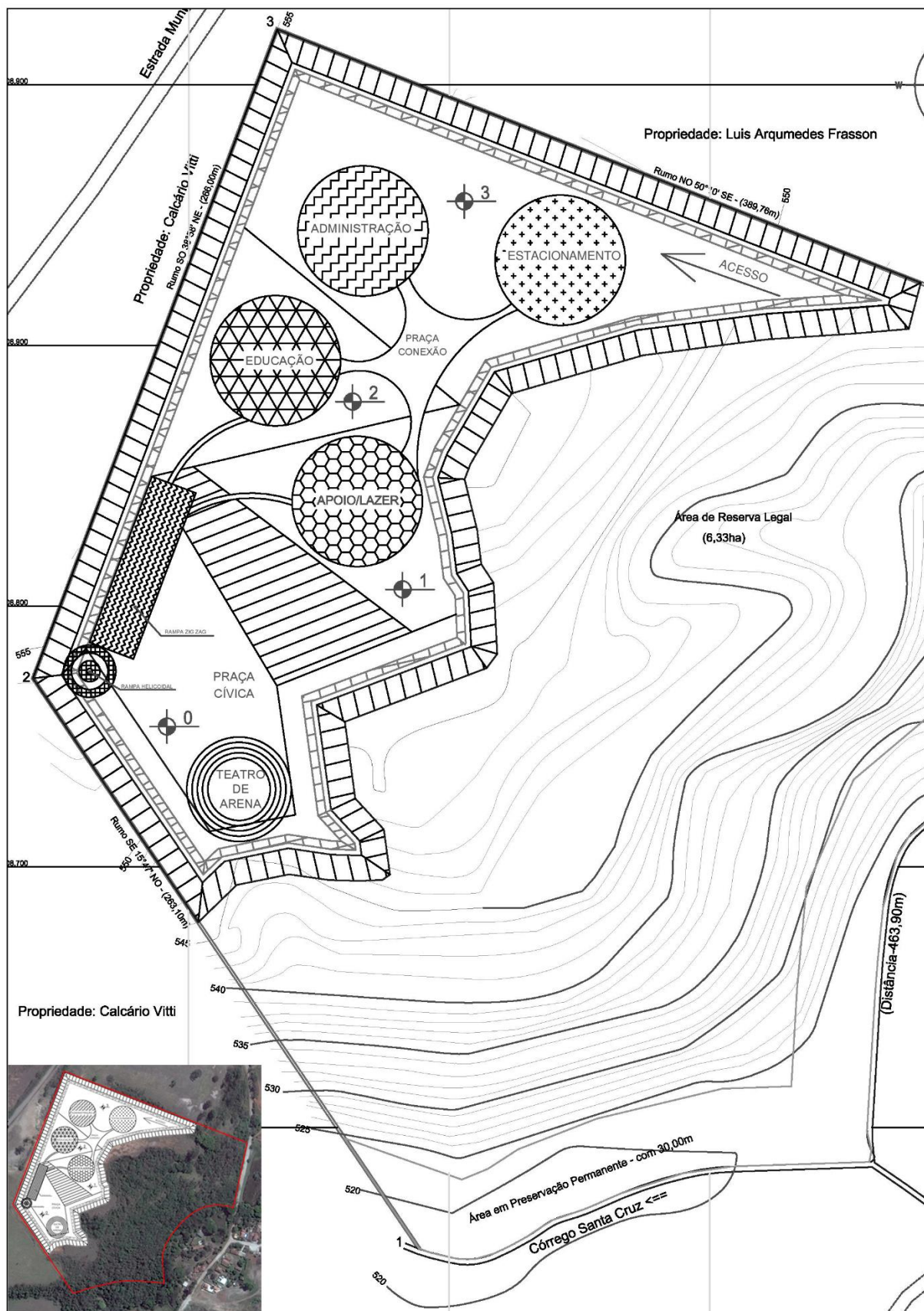
Com o surgimento de uma nova área potencial, em 2014, criou-se uma comissão, com o objetivo de retomar o projeto de implementação de um parque geológico municipal. A comissão conta, atualmente, com os seguintes membros:

	Prof. Dr. José Eduardo Zaine Prof. Dr. José Alexandre Perinotto Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis Prof. Dr. Norberto Morales Cláudio Ribeiro da Silva Flávio Henrique Rodrigues André de Andrade Kolya Laís Jacconi Luís Gustavo Resende Gaiotto
UNESP	
	Olga Salomão Raquel Bovo
SEPLADEMA	
Vila Arquitetos Urbanistas	Camila Moreno de Camargo Gabriel Barrelo
Partecal Partezani	João Partezani Bellato
Calcário	João Bellato Junior

A referida comissão atua desde o segundo semestre de 2014, para definir as diretrizes do projeto do parque. No âmbito da comissão, foram realizadas seis reuniões gerais, duas visitas técnicas ao Parque do Varvito em Itu (SP), uma visita técnica à futura área de implantação do parque e um trabalho de campo para reconhecimento do patrimônio geológico da Formação Irati.

Nas reuniões da comissão, foram discutidos aspectos do projeto básico do parque. A infraestrutura foi planejada, com base no perfil do público-alvo e conta com benfeitorias para agregar valor ao geossítio. A planta conceitual do parque (Figura 41) foi produzida pela empresa Vila Arquitetos Urbanistas.

Figura 41 - Planta do projeto inicial do parque municipal

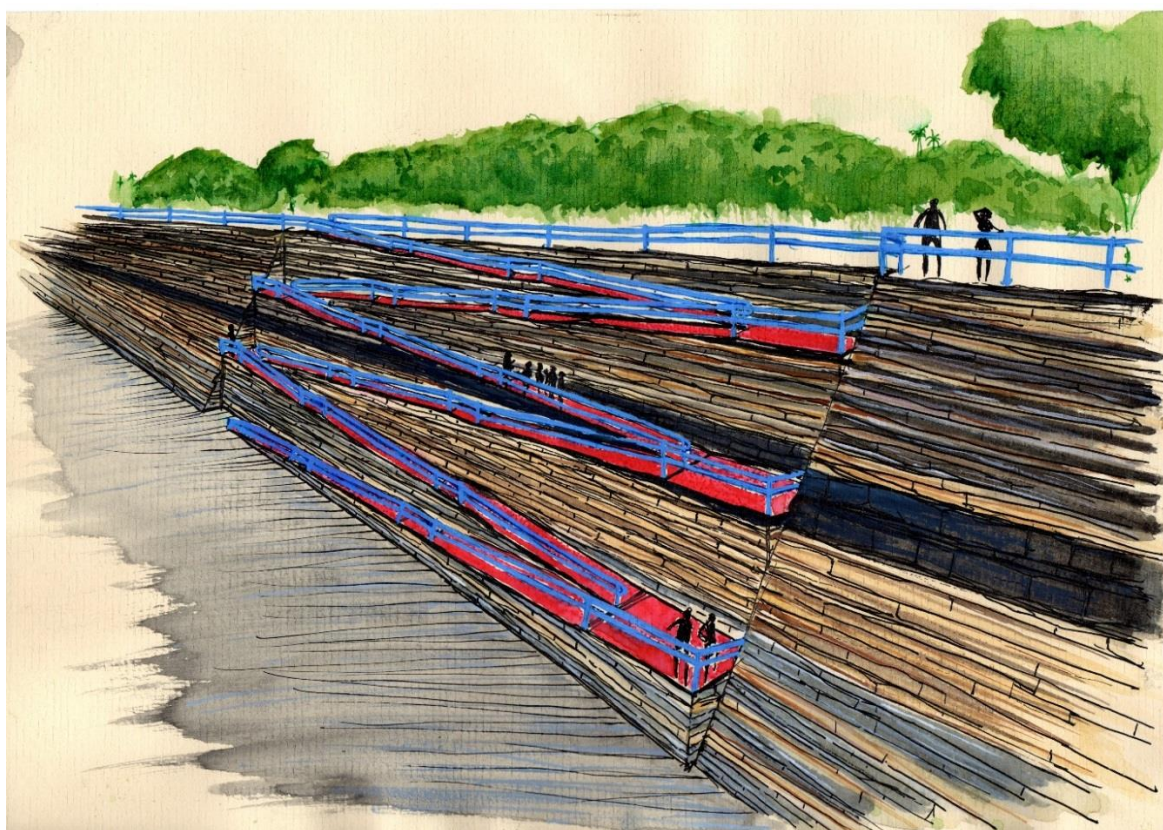


Fonte: Vila Arquitetos Urbanistas (2015)

O parque terá sua infraestrutura básica composta por:

- Administração
- Estacionamento para carros e ônibus
- Rampas de acesso à formação rochosa (Figura 42)
- Sala de aula/Anfiteatro
- Área de lazer/Praças
- Bosque

Figura 42 - Perspectiva artística do talude rochoso com rampa de acesso que permite a acessibilidade junto a um contato próximo com a rocha



Fonte: Vila Arquitetos Urbanistas (2015)

O início da implantação do parque deverá ocorrer durante a fase de descomissionamento da lavra de calcário realizada na área pela mineradora Partecal. A empresa será responsável, de acordo com o projeto e com a legislação ambiental, pela terraplanagem do terreno e o reflorestamento da área de Reserva Legal. Após o descomissionamento, o terreno será disponibilizado por meio de cessão de uso à Prefeitura Municipal de Rio Claro, para que esta inicie as obras civis do parque.

Os recursos necessários para o a realização das obras civis será de responsabilidade da Prefeitura de Rio Claro. O custeio será realizado a partir de verba pleiteada junto aos Ministérios do Turismo, da Cultura, Meio Ambiente, das Cidades e junto a emendas parlamentares.

A gestão do parque também será de responsabilidade do poder executivo municipal. Os gastos com a manutenção do parque deverão advir de recursos próprios do município e da cobrança de ingresso.

5.6.3 Visitas guiadas na área

A criação do Parque Geológico Municipal, apenas, não garante a efetiva valorização e divulgação da geodiversidade. Para tanto, é necessário que os visitantes recebam informações e interpretações dos materiais, estruturas e processos geológicos ali presentes.

Uma das formas de propiciar este conhecimento aos visitantes do parque é o oferecimento de visitas guiadas ao geossítio. Segundo Hose (2000), os passeios guiados ou a interação pessoal com geólogos ou estudantes é a forma mais efetiva de provocar o interesse dos visitantes no patrimônio geológico. Realizada por monitores capacitados, as visitas guiadas possuem a vantagem de se adaptar ao público presente em termos de linguagem utilizada e profundidade do conteúdo abordado. Além disso, a possibilidade de interação aumenta o interesse dos visitantes.

Além de fornecer informações sobre a diversidade do meio natural, os guias devem nortear as observações dos visitantes, possibilitando-lhes experienciar na prática o processo de investigação científica. Os monitores também respondem as dúvidas e curiosidades dos visitantes. No caso de interesse por amostras, os visitantes devem ser incentivados a coletar apenas material já desagregado, evitando interferências no patrimônio geológico. Além disso, os visitantes devem ser incentivados a fazer croquis e tirar fotos, pois são atividades que aguçam o olhar dos observadores.

Por ter um contato direto com o público-alvo, os monitores também são importantes para a coleta de informações e organização das ações voltadas aos visitantes.

A equipe de monitores pode ser formada por alunos de graduação e pós-graduação dos cursos de Geologia, Biologia, Ecologia, Engenharia Ambiental e Geografia da UNESP de Rio Claro, possibilitando assim, um intercâmbio entre a universidade e a sociedade. Os alunos da UNESP já participam de atividades de campo (estudo do meio) envolvendo alunos do ensino fundamental e médio de escolas particulares da região (Figura 43).

Durante as atividades de estudo do meio, realizadas em uma pedreira ativa de calcário da Formação Irati, os monitores explicam o contexto geológico da área e passam noções de paleontologia, sedimentação, tempo geológico, geologia ambiental e outros temas levantados pelos alunos e professores.

Figura 43 - Aluno da UNESP monitorando atividade de estudo do meio na Formação Irati para alunos e professores de um colégio de Campinas



Fonte: Trabalho de campo

5.6.4 Material de interpretação e divulgação

A confecção e distribuição de materiais de interpretação e divulgação é uma das formas mais comuns de valorização e divulgação da geodiversidade. Apesar

disso, esses produtos servem como complemento e não substituem as visitas monitoradas.

Os materiais confeccionados têm a intenção de alcançar público amplo e diversificado, porém, deve haver conhecimento básico em ciências naturais, mesmo que limitado. Esse público-alvo foi definido com base no perfil dos visitantes de outros parques geológicos do Brasil (como o Parque do Varvito) e do mundo (HOSE, 2000).

Os recursos didáticos procuram responder perguntas básicas sobre o geossítio: o que é, como foi formado e qual sua importância. O objetivo da divulgação deste material é difundir e fomentar a curiosidade do leitor para assuntos básicos da geologia e disponibilizar informações que levem à conscientização dos visitantes sobre a necessidade de conservação da geodiversidade.

Para este trabalho, foi elaborada proposta de confecção de *folder*, painel e vídeo (DVD), representados, respectivamente, pelos APÊNDICES A, B e C. Este material deve ser distribuído a estudantes, turistas que visitam Rio Claro e, quando da criação do parque, distribuídos no próprio local.

5.6.4.1 Diretrizes para a produção de materiais interpretativos

A partir do conhecimento do público-alvo, foram definidas algumas diretrizes gerais para a confecção dos materiais interpretativos. O foco dos recursos interpretativos deve ser o vocabulário simples; o estilo de apresentação, com muitas figuras; e o conteúdo informativo, sem tanto detalhe para continuar despertando interesse.

Os textos redigidos para os visitantes do geossítio devem ser bem argumentados, em linguagem oral e informativa, para que a geologia se apresente de forma interessante para os geoturistas casuais. Para que a comunicação seja efetuada de forma eficiente, os materiais interpretativos devem ser bem difundidos, apropriados à cultura local e posicionados em locais adequados.

De uma forma geral, os materiais interpretativos devem contemplar as seguintes diretrizes:

- Riqueza em ilustrações e conter pouco texto;
- Diagramação simples e concisa;
- Texto facilmente compreensível a pessoas leigas;
- Mapas e gráficos de fácil interpretação;
- Texto relacionando o tema abordado com a vida do leitor, e
- Caracterização do contexto regional do geossítio.

5.6.5 Confecção de réplicas de fósseis

As réplicas de fósseis são uma importante forma de valorização e divulgação do patrimônio paleontológico. Esta é uma forma lúdica e didática de apresentar as características e hábitos da paleofauna, no caso, de répteis mesossaurídeos. As réplicas de fósseis possibilitam aprendizado construtivista de diversos conceitos paleontológicos, tais como evolução, paleoecologia, paleogeografia, entre outros, sem colocar em risco a integridade do fóssil original.

As réplicas de fósseis de mesossaurídeos deverão estar expostas nas dependências do referido parque geológico, para serem observadas e manuseadas pelos visitantes. É importante que, junto com a réplica, haja um monitor ou material explicativo que norteie as observações. Além disso, réplicas de fósseis podem estar disponíveis para venda no parque, gerando receita e permitindo que os visitantes levem para casa uma lembrança do conhecimento adquirido e possam divulgá-lo.

Havendo uma coleção completa e organizada de réplicas de fósseis, podem ser montados *kits* e emprestados às escolas da região. Torres et al. (2007) identificam carência de material didático de interesse paleontológico necessário à divulgação da Paleontologia nos ensinos fundamental e médio.

Como forma complementar de educação ambiental, é recomendada a realização de oficinas de réplicas de fósseis. Esta atividade auxilia na sensibilização do público quanto à importância da geoconservação e já é praticada na UNESP (Figura 44) e em outros sítios geológicos, como no *Geopark* Araripe, no estado do Ceará (LOPES; ARAÚJO; CASTRO, 2011).

Figura 44 – Réplica de fósseis de mesossaurídeos da Formação Irati



Fonte: Acervo do Museu de Paleontologia e Estratigrafia “Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim”

5.6.6 Coordenação com outros geossítios

As ações de valorização e divulgação da geodiversidade devem ser realizadas de forma coordenada com outras organizações e sítios de geoconservação. A associação entre os diferentes elementos da geodiversidade agrega valor ao patrimônio geológico e incentiva o geoturismo de forma integrada.

A coordenação de iniciativas de geoconservação permite a construção de soluções integradas, como a criação de roteiros que passam por diferentes sítios geológicos, permitindo a correlação entre eles de forma lógica. Este é o primeiro passo em direção à criação de um *Geopark* na região.

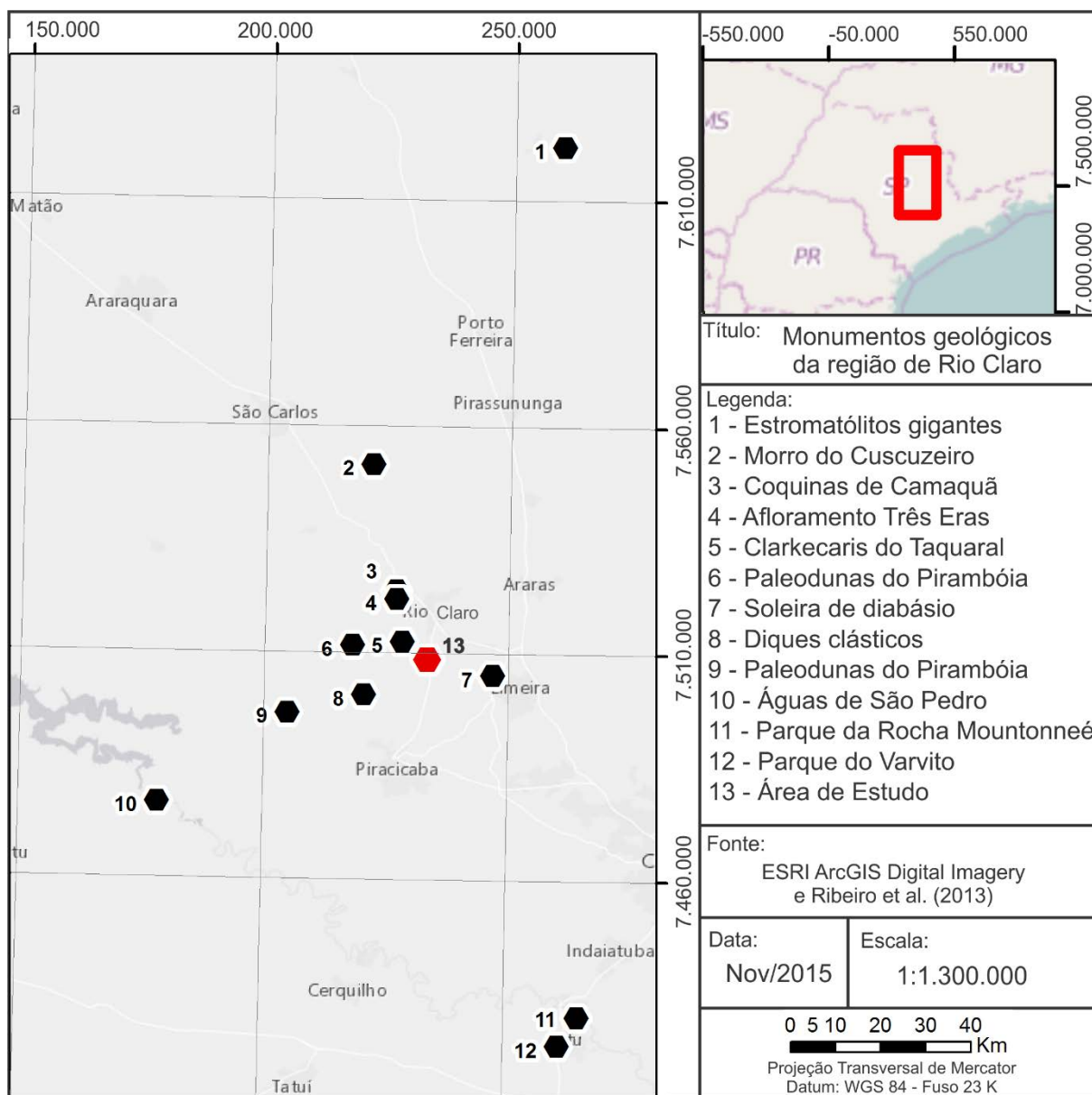
Existem diversos pontos de interesse na região. Três dos sete monumentos geológicos, reconhecidos pelo Conselho Estadual de Monumentos Geológicos (CoMGeo-SP), estão localizados a menos de 100 km de distância do Distrito de Assistência, que são:

- Parque do Varvito, no município de Itu (90 km);
- Parque da Rocha *Moutonnée*, no município de Salto (85 km), e
- Monumento dos Geiseritos, no município de Anhembi (65 km).

Além dos monumentos reconhecidos pelo CoMGeo-SP, existem outros geossítios na região (Figura 45). São locais amplamente visitados por turistas ou por estudantes de Geologia ou, ainda, locais inventariados como geossítios por pesquisadores em geoconservação. Entre os pontos de maior interesse, estão:

- Jazigo fossilífero *Clarkecaris* do Membro Taquaral da Formação Irati, município de Rio Claro (5 km);
- Afloramento das três Eras, município de Rio Claro (12 km);
- Soleira de diabásio, município de Limeira (15 km);
- Afloramento de paleodunas da Formação Pirambóia, município de Ipeúna (15 km);
- Diques clásticos da Formação Corumbataí, município de Charqueada (15 km);
- Coquinas (conchas fósseis da Formação Corumbataí) de Camaquã, município de Rio Claro (16 km);
- Fontes de águas medicinais, município de Águas de São Pedro (35 km);
- Morro testemunho do Cuscuzeiro, município de Analândia (45 km), e
- Campo de estromatólitos, município de Santa Rosa de Viterbo (100 km).

Figura 45 - Geossítios em um raio de 100 km de Rio Claro (SP)



Fonte: Elaborado pelo autor

Além da relação com outros geossítios da região, o parque geológico em estudo possui um equivalente no continente africano. O *Mesosaurus Fossil Site & Quiver Tree Dolerite Park*, localizado na Namíbia, é também um parque geológico dedicado aos répteis mesossaurídeos do período Permiano. Esta relação entre os dois parques agrega relevância internacional ao valor estratigráfico da Formação Irati.

5.7 Monitorização

A monitorização do sítio geológico deve incluir vistorias periódicas às condições do talude de exposição da Formação Irati. Estas vistorias deverão avaliar as taxas de intemperismo e erosão do maciço rochoso, com vistas a evitar a descaracterização do geossítio e garantir a boa observação e acessibilidade da rocha. Este trabalho deve ser realizado por técnicos, treinados, preferencialmente, em geotecnia e aptos a reconhecer os diferentes elementos do patrimônio geológico.

Além disso, devem ser monitoradas as possíveis degradações por causas antrópicas, como a coleta não autorizada de amostras, e o vandalismo com destruição ou pichação do patrimônio geológico. Esta fiscalização deve ser desenvolvida rotineiramente pelos funcionários do parque.

A verificação do estado de conservação do geossítio deverá ser levada em consideração sempre que se realizar a reavaliação das estratégias de geoconservação. Este trabalho deve ser realizado periodicamente, a fim de garantir a manutenção dos valores associados ao patrimônio geológico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geodiversidade, como suporte para a vida na Terra, é um conceito recente para as geociências. A partir do ano 2000, o estudo da geodiversidade passou a ser compreendido como uma ferramenta fundamental no planejamento urbano e rural e na gestão dos recursos naturais.

Apesar disso, o tema ainda é tratado de forma incipiente no Brasil, sem a ampla compreensão dos valores do patrimônio geológico na sociedade. Dessa forma, as estratégias de geoconservação estudadas neste trabalho tiveram como principal objetivo preservar e defender a geodiversidade, por meio da conscientização de sua importância.

Para fornecer os subsídios à geoconservação da Formação Irati, foi realizada a caracterização da geodiversidade da área de estudo e a proposição de ações para cada etapa do processo de geoconservação. Os resultados obtidos reforçam a relevância e a necessidade de proteção e divulgação do patrimônio geológico da unidade.

Entre os valores identificados para a Formação Irati, destacam-se o valor estratigráfico, como camada-guia; o valor cultural, devido à sua importância na história do desenvolvimento socioeconômico de Rio Claro, e o valor econômico, devido à extração de calcário agrícola e marmorina e a ocorrência de hidrocarbonetos. A quantificação do geossítio estudado permitiu caracterizá-lo como de relevância internacional/nacional, demonstrando a necessidade de se proteger o patrimônio geológico da região.

Ainda quanto à quantificação dos valores da Formação Irati, destaca-se o elevado valor encontrado ($Q = 46$), em relação a outros geossítios da região de Rio Claro, cuja média dos valores de relevância foi de $Q = 36,5$, atingindo $Q = 39$ para apenas um geossítio da região.

Como solução, foi proposta a proteção legal do patrimônio geológico, por meio do enquadramento da área de estudo na Lei do SNUC e do tombamento juntos aos órgãos de proteção do patrimônio. Foi também analisada uma proposta de criação de parque geológico, resultado de parceria entre a UNESCO, a prefeitura de Rio Claro e a iniciativa privada.

Como medidas complementares, foram estudadas e propostas ações de valorização do geossítio, como: visitas monitoradas, confecção de material interpretativo e confecção de réplicas de fósseis.

As estratégias propostas devem produzir efeitos amplos e benéficos para a sociedade, como o fomento do geoturismo; a criação de um equipamento de estudo, pesquisa e lazer; a proteção física do patrimônio geológico, e a disseminação do conhecimento sobre a geodiversidade da região pela população, levando à conscientização da necessidade de se planejar o ordenamento da vida na Terra.

Destaca-se aqui a importância da divulgação das geociências, principalmente para alunos dos anos iniciais da educação fundamental. A conscientização dos jovens pela importância que a geodiversidade imprime no desenvolvimento da sociedade deve ser incentivada, principalmente, entre as escolas do município de Rio Claro, dada à proximidade do patrimônio geológico da Formação Irati. Para tanto, recomenda-se o incentivo de visitas aos geossítios da região e distribuição de materiais informativos e interpretativos, como os propostos neste trabalho, nas escolas rio-clarenses.

Uma das dificuldades encontradas neste trabalho é a comunicação geológica com o público leigo. Devido à deficiência do ensino de Geociências nas escolas, a linguagem utilizada na comunicação pode se tornar um obstáculo ao interesse do público. Tal cenário pode ser alterado pelo incentivo do ensino de Geociências nas escolas e pela realização de estudos voltados à didática e boa comunicação científica. Outra dificuldade encontrada foi a baixa densidade de dados referentes à geoconservação e geodiversidade no Brasil. Tal realidade decorre da falta de incentivos financeiros e acadêmicos enfrentada pelos pesquisadores na área.

Finalmente, espera-se que o projeto de parque aqui estudado seja viabilizado, como forma de incentivar e apoiar a educação ambiental e o geoturismo. Se concretizado, o Parque Geológico do Irati poderá compor, junto com outros geossítios, um futuro Geopark na região de Rio Claro. Com ampla participação da universidade, da sociedade e do poder público, tal iniciativa coaduna com o tripé ensino, pesquisa e extensão, considerado a base das universidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

- ABPCA. Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. **Proposta para um plano nacional de calcário agrícola - PLANACAL. Contribuição á qualidade e à produtividade agrícola** [S.l: s.n.], 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>>.9780874216561. Acesso em 13 out. 2015
- ALCARDE. J. C. **Corretivos Da Acidez Dos Solos Solos: características e interpretações técnicas. Boletim Técnico Nº 6** São Paulo: [s.n.], 2005.
- ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos geológicos do relêvo paulista**. Universidade de São Paulo, 1964. 99 p.
- AMARAL, S. E. Geologia e petrologia da Formação Irati (Permiano) no estado de São Paulo. **Boletim de Instituto de Geociências e Astronomia** v. 2, p. 3–81 , 1971.
- AMORIM, G. M. e; EBERT, H. D.; HORST, R. Integração de informações geológicas para o geoturismo na bacia do Rio Corumbataí e sua divulgação na Web através do Mapserver. **Geociências** v. 24, n. 3, p. 221–238 , 2005.
- ANDREIS, R. R.; CARVALHO, I. de S. A Formação Corumbataí (Permiano Superior-Triássico Inferior, Bacia do Paraná) na Pedreira Pau Preto, Município de Taguaí, São Paulo, Brasil: Análise Paleoambiental e das Pegadas Fósseis. **Revista Brasileira de Paleontologia** v. 2, p. 33–46 , 2001.
- ARAUJO, A. G. de M. A arqueologia da região de Rio Claro: Uma síntese. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia** n. 11, p. 125–140 , 2001.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C.; MILANI, É. J. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Geology** v. 24, n. 2, p. 77–89 , 1994.
- ASSINE, M. L.; ZACHARIAS, A. Á; PERINOTTO, J. A. J. Paleocorrentes, paleogeografia e sequências deposicionais da Formação Tatuí, centro-leste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências** v. 33, n. 1, p. 33–40 , 2003.

ASSMANN, T. S. *et al.* Potencial de suprimento de micronutrientes de calcário oriundo da mineração de folhelho pirobetuminoso da Formação Irati - PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 23, p. 963–969 , 1999.

BARBOSA. O.; GOMES. F. A. **Pesquisas de petróleo na Bacia do rio Corumbataí, Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1958.

BJÖRNBERG, A. J. S.; LANDIM, P. M. B. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neoceno-zóico). **Boletim Sociedade Brasileira Geologia** v. 15, n. 4, p. 43–67 , 1966.

BORGES, M. B. N. **Análise ambiental simplificada no entorno de águas superficiais na Bacia do Rio Corumbataí (SP)**. Universidade Estadual Paulista, 2012. 54 p.

BRASIL. *Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937*. **Legislação da Arqueologia Brasileira**. [S.l: s.n.]. , 1937

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**. Brasília: [s.n.], 2010.

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. [S.l.]: Palimage, 2005. 190 p.

BRUSCHI, V. M. **Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad**. Universidad de Cantabria, 2007. 263 p.

CARTER, J. A sense of place. **Scottish Interpretation** n. 2 , 2001.

CEAPLA. *Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí*. Disponível em: <<http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/>>. Acesso em: 6 mar. 2015.

CEPAGRI, CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. *Clima dos municípios paulistas*. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 24 out. 2015.

CHAHUD, A. **Geologia e paleontologia das formações Tatuí e Irati no centro-leste do estado de São Paulo**. Universidade de São Paulo, 2011. 299 p.

COSTA, A. C. **Avaliação do Metamorfismo Orgânico do Membro Assistência da Formação Irati, da Bacia do Paraná, na Região de Rio Claro - SP**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. 73 p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa da Geodiversidade do Brasil**. [S.l: s.n.], 2006.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da bacia do Paraná. 1970, Brasília: SBG, 1970. p.359–412.

DIXON, G. et al. **Conservation Management Guidelines for Geodiversity**. [S.l: s.n.], 1997.

DU TOIT, A. L.; REED, F. R. C. A geological comparison of South America with South Africa. p. 158 , 1927.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Xisto agrícola. **Xisto agrícola** Pelotas, n. 53, p. 2 ,2010

PAPA FRANCISCO. **Laudato Si'**. 2015. 192 p.

FUEZI, V. M. dos S. **Geossítio Cânion do Rio Sergi (Santo Amaro, Bahia): Valores e ameaças**. Salvador: [s.n.], 2010.

FULFARO, J. V. *et al.* A Formação Tatuí no estado de São Paulo. 1984, Rio de Janeiro: SBG, 1984. p.711–724.

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

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

GRAY, M. Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm. **Geological Society, London, Special Publications** v. 300, n. 1, p. 31–36 , 2008.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2004. 512 p.

GROSSI, A. E.; SURIAN, S. C.; FELIZOLA, M. de A. *História de Águas de São Pedro*. Disponível em: <<http://www.aguasdesaopedro.com.br/aguas.php>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

HACHIRO, J. **O Subgrupo Irati (Neopermiano) Da Bacia Do Paraná**. São Paulo: [s.n.], 1996.

HACHIRO, J.; COIMBRA, A. M. Ciclos de Milankovitch nas seqüências rítmicas da unidade Irati. 1993, Rio Claro: Universidade Estadual Paulista UNESP, 1993. p. 72-74.

HENRIQUES, M. H. *et al.* Geoconservation as an Emerging Geoscience. **Geoheritage** n. 3, p. 117–128 , 2011.

HOLZ, M. *et al.* A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. **Journal of South American Earth Sciences** v. 29, n. 2, p. 381–399 , 2010.

HOSE, T. A. European “geotourism” - Geological interpretation and geoconservation promotion for tourists. In: ESPAÑA, Instituto Tecnológico Geominero De (Org.). . **Geological Heritage: Its Conservation and Management**. Madrid: [s.n.], 2000. p. 127–146.

IGCE, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. *Programa da disciplina Mapeamento Geológico de Áreas Sedimentares*. Disponível em: <<http://igce.rc.unesp.br/Home/Instituicao/DiretoriaTecnicaAcademica/graduacao/gea2420.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

JOHANSSON, C. E.; ANDERSEN, S.; ALAPASSI, M. Geodiversity in the Nordic Countries. **ProGEO News** p. 1–3 , 1999.

LAVINA, E. L.; ARAÚJO-BARBARENA, D. C.; AZEVEDO, S. K. Tempestades de inverno e altas taxas de mortalidade de répteis mesossauros; um exemplo a partir do afloramento passo São Borja, RS. **Pesquisas** v. 18, n. 1, p. 64–70 , 1991.

LOPES, L. S. O.; ARAÚJO, J. L.; CASTRO, A. J. F. Geoturismo: estratégia de geoconservação e de desenvolvimento local. **Caderno de Geografia** v. 21, n. 35, p. 1–11 , 2011.

MALAVOLTA, E. **Calagem, adubação e produtividade agrícola**. [S.l.]: Agronômica Ceres, 1989. 292 p. .

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

MARTINS JUNIOR, F. L. *Sumário Mineral do Calcário Agrícola*. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/calcario-agricola-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MARTINS NETO, R. G.; RAMALHO, J. S. A evolução do impacto ambiental acarretado pela extração de calcário, tendo como exemplo a mineração Paternal-Partezani, no estado de São Paulo. **CES Revista** v. 24, p. 31–42 , 2010.

MILANI, E. J. *et al.* Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras** v. 15, n. 2, p. 265–287 , 2007.

MILLER JUNIOR, T. O. **Dois fases paleoindígenas da Bacia de Rio Claro, estado de São Paulo - Um estudo em metodologia**. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 1968. 177 p.

MILLER JUNIOR, T. O. Pré-história na região de Rio Claro, SP: Tradições em divergência. **Cadernos Rioclarenses em Ciências Humanas** v. 1, p. 22–55 , 1969.

NAHASS, S.; SEVERINO, J. Calcário Agrícola no Brasil. **Coletânea Fertilizantes - II Série Estudos & Documentos**. [S.l: s.n.], 2003. p. 79. 8572271805.

NIETO, L. M. Geodiversidad: Propuesta de una definición integradora. **Boletín Geológico y Minero** v. 112, n. 2, p. 3–12 , 2001.

OELOFSEN, B. W. The biostratigraphy and fossils of the Whitehill and Irati Shale Formations of the Karoo and Paraná Basins. 1987, [S.l: s.n.], 1987. p.131–138.

OELOFSEN, B. W.; ARAÚJO, D. C. Paleocological implications of the distribution of Mesosaurid Reptiles in the Permian Irati Sea (Paraná Basin), South America. **Revista Brasileira de Geociências** n. 13, p. 1–6 , 1983.

OLIVEIRA, J. C. da S.. **Geoparques no Brasil: Foco geográfico na superação dos desafios**. Brasília: [s.n.], 2014.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Universidade de São Paulo, 1976. 86 p.

PEREIRA, L. H.; PINTO, S. dos A. F.. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio Corumbataí - SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** n. 2000, p. 1321–1328 , 2007.

PEREIRA, R. F.; BRILHA, J.; MARTINEZ, J. E. Proposta de enquadramento da geoconservação na legislação ambiental brasileira. **Memórias e Notícias** v. 3, p. 491–494 , 2008.

PERINOTTO, J. A. de J. *et al.* Diques clásticos na Formação Corumbataí (P) no Nordeste da Bacia do Parana, SP, Análise sistemática e significações estratigráficas, sedimentológicas e tectônicas. **Geociências** v. 27, n. 4, p. 469–491 , 2008.

PETRI, S.; SOUZA, P. A. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. **Revista IG** v. 14, n. 1, p. 7–18 , 1993.

QUINTAS, M. C. L.; MANTOVANI, M. S. M.; ZALÁN, P. V. Contribuição ao estudo da evolução mecânica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências** v. 29, n. 2, p. 217–266 , 1999.

RIBEIRO, R. 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.

RIO CLARO. *Lei Orgânica do Município de Rio Claro* . [S.l: s.n.] . , 2005

ROCHA-CAMPOS, A. C.. Varvito de Itu, SP. Registro clássico da glaciação neopaleozóica. In: SCHOBENHAUS, Carlos *et al.* (Orgs.). . **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM\CPRM\SIGEP, 2002. p. 147–154.

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

RONTAN JÚNIOR, E. *Reinações de Monteiro Lobato em Araquá*. Disponível em: <<http://www.erjcomunicacoes.com.br/se/?p=1194>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP**. Universidade de São Paulo, 1996. 199 p.

SANTOS, R. V. *et al.* Shrimp U–Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. **Gondwana Research** v. 9, n. 4, p. 456–463 , 2006.

SÃO PAULO. *Constituição Estadual de São Paulo*. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

SCHNEIDER, R. L. *et al.* Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. 1974, [S.l: s.n.], 1974. p.41–65.

SHARPLES. C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. [S.l: s.n.], 2002.

SHARPLES. C. **A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes**. [S.l: s.n.], 1993.

SILVA, C. G. A. **Caracterização geoquímica orgânica das rochas geradoras de petróleo das Formações Irati e Ponta Grossa da Bacia do Paraná**. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 212 p.

SILVA, F. A. Arqueologia pré-histórica da região de Rio Claro. **Pré-História Brasileira** p. 157–166 , 1968.

SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. **Fósseis da região de Rio Claro**. Rio Claro: Arquivo Municipal, 1992. 77 p. .

SOARES, M. B. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brazil). **Geologica Acta** v. 1, n. 4, p. 349–361 , 2003.

SOARES, P.C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. 1974, Porto Alegre: SBG, 1974. p.107–121.

SOARES, P.C. O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v. 44, n. s, p. 333–342 , 1972.

SOARES, P. C.; BARBOSA LANDIM, P. M.; FULFARO, V. J. Tectonic cycles and sedimentary sequences in the Brazilian intracratonic basins. **Bulletin of the Geological Society of America** v. 89, n. 2, p. 181–191 , 1978.0016-7606.

SOUSA, M. O. L. **Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau D'Álho e Jibóia - centro do estado de São Paulo**. Universidade Estadual Paulista, 2002. 206 p.

STANLEY, M. Geodiversity. **Earth Heritage** 14 p. 15–18 , 2000.

TORRES, S. R. *et al.* A importância da confecção de réplicas fósseis na preservação de coleções científicas e na divulgação da paleontologia nos ensinos fundamental e médio. **Anuário do Instituto de Geociências** v. 30, n. 1, p. 247 , 2007.

TRIGÜIS, J. A. **An organic geochemical investigation of heat-effected sediments in the Paraná Basin, Brazil**. University of Newcastle, 1986.

VALADARES, J. M. A. S.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P.R. Estudo de materiais calcários usados como corretivo do solo no estado de São Paulo. **Bragantia** v. 33, n. 15, p. 147–152 , 1974.

ZAINE, J. E. **Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. Universidade Estadual Paulista UNESP, 1994. 96 p.

ZAINE, M. F.; ZAINE, J. E.; PERINOTTO, J. A. de J. **Patrimônios naturais e história geológica de Rio Claro (SP) e região**. Rio Claro: Arquivo Público e Histórico do Município de Rio Claro, 2007. 64 p.

APÊNDICE A - *Folder* acerca da ocorrência de répteis mesossaurídeos da Formação Irati no Distrito de Assistência, Rio Claro (SP)

O mesossauroídeo de Rio Claro

A região de Rio Claro ficou famosa por abrigar um fóssil muito importante para a história dos continentes: O mesossaurídeo *Stereosternum tumidum*!



- Até 1m de comprimento
- Viveu há ±250 milhões de anos
- Adaptado à vida aquática

Os fósseis desse réptil pré-histórico são encontrados em Rio Claro, nas rochas da Formação Irati.



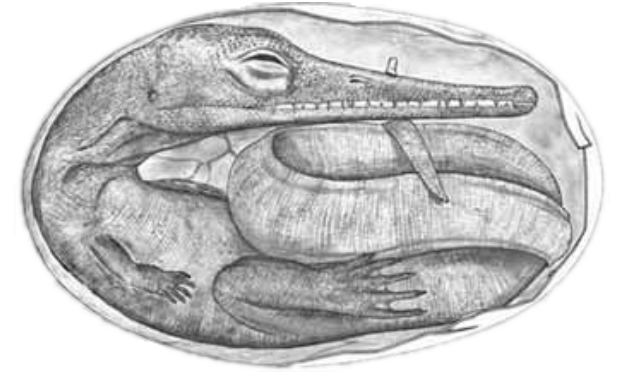
Por estes e outros motivos, é muito importante conservar as rochas, os fósseis e todos os outros elementos que compõem o nosso **Patrimônio Geológico**.

Você pode fazer a sua parte:

- Não destrua as rochas e afloramentos
- Não colete rochas e fósseis
- Não jogue lixo nos geossítios
- Valorize o patrimônio geológico!
- Pratique o geoturismo!
- Transmita o conhecimento!



Os mesossaurídeos e os mistérios geológicos



Você conhece o fóssil que fez a cidade de Rio Claro ficar famosa no mundo todo?

Você sabe qual o papel do geólogo na nossa sociedade?

Você sabe como os fósseis são usados para revelar os segredos do passado?

Abra e descubra estas e outras curiosidades!

O trabalho do geólogo

O geólogo é como um detetive que procura pistas deixadas nas rochas para compreender o passado da Terra. Assim como o detetive usa uma lupa para desvendar seus casos, a paleontologia é a ferramenta que permite ao geólogo entender como era o clima e a geografia de uma região há milhões de anos.

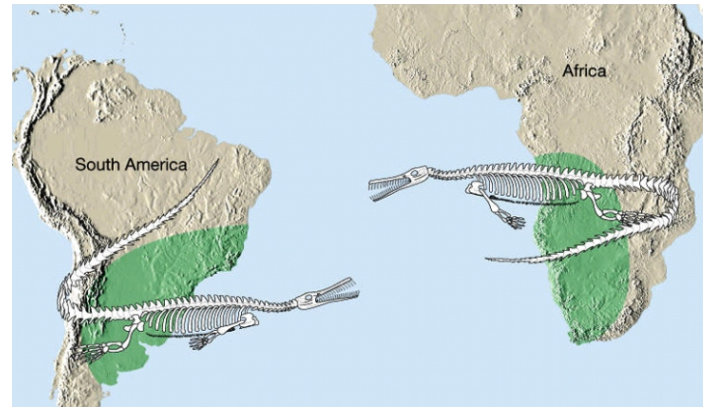


As pistas para o geólogo

Para compreender o passado, o geólogo deve observar o tipo de sedimento onde o fóssil foi soterrado, a idade daquela rocha e como se deu o processo de fossilização. Assim ele pode interpretar o habitat (marinho, terrestre) daquele animal, seus hábitos (carnívoro, herbívoro), entre outros.

A Formação Irati

A Formação Irati é uma sequência de rochas sedimentares, composta por calcários e folhelhos. Além de Rio Claro, a Formação Irati e seus fósseis mais comuns, os répteis mesossaurídeos, são encontrados em vários outros países da América do Sul e da África.



Você deve estar se perguntando: **Como esses animais fizeram para atravessar o oceano que separa o Brasil da África?**

Os cientistas sabiam que os Mesossauros não podiam nadar grandes distâncias. Então, os geólogos utilizaram esta evidência para apoiar a Teoria da Deriva Continental, constatando que a América do Sul e a África já estiveram juntos e se separaram.



Atualmente se sabe que os mesossaurídeos habitaram um grande mar que banhava os dois continentes. Foi somente milhões de anos depois de sua extinção que a América do Sul e a África se separaram.

Viu só, como uma pequena observação pode levar a uma grande descoberta?

APÊNDICE B - Painel ilustrativo da teoria da deriva continental a partir das evidências fornecidas por dados estratigráficos e paleontológicos da Formação Irati

Teoria da Deriva Continental

O conhecimento geológico está em constante evolução. A cada ano, inúmeros artigos científicos são publicados com importantes descobertas a respeito da evolução do planeta Terra. A Teoria da Deriva Continental é um exemplo de hipótese que revolucionou a geologia.

No século XVI, o cientista francês Abraham Ortelius notou que a costa oeste da África possui um desenho muito semelhante ao da costa leste sul americana e propôs que os continentes já estiveram ligados em uma grande massa continental (Figura 1).

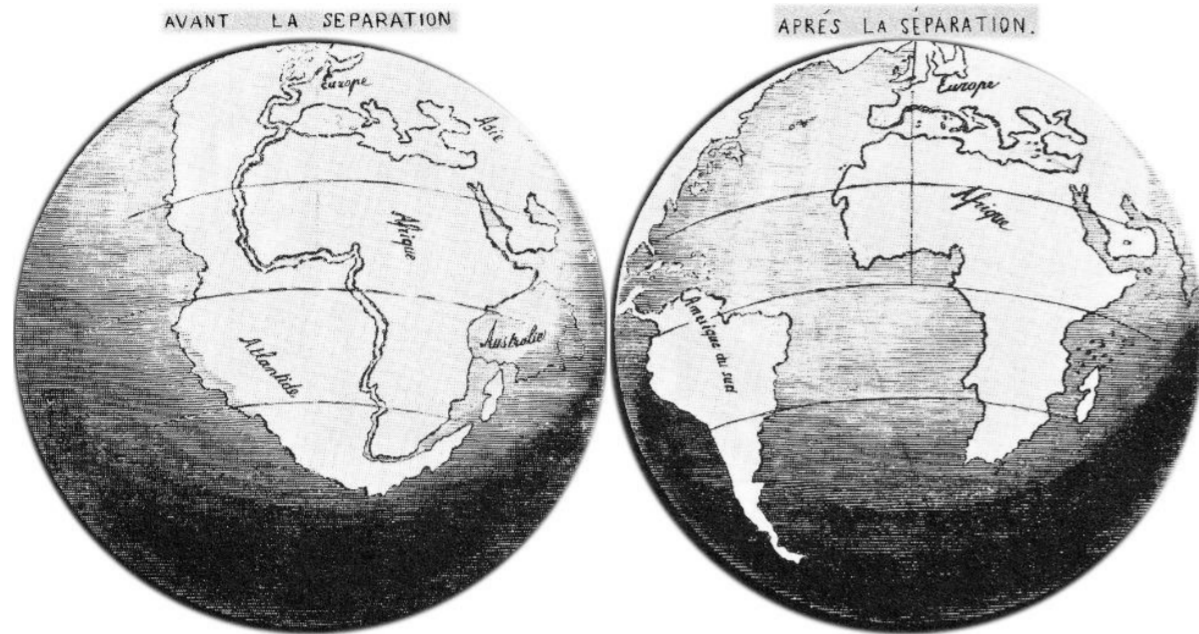


Figura 1: Primeira reconstituição paleogeográfica que se tem registro, feita pelo geógrafo Antonio Snider-Pellegrini, em 1858, ilustrando a justaposição das margens africana e americana do Oceano Atlântico. Fonte: USGS.

Apesar das novas evidências apontadas por Wagner, a teoria ficou desacreditada até a década de 1950, quando o surgimento de novas tecnologias permitiu que os cientistas explicasse a lacuna deixada por seus antecessores: O que fazia os continentes se moverem?

A formulação da Teoria da Expansão do Assoalho Oceânico em 1961 confirmou a Teoria da Deriva Continental e, junto com as teorias de Wagner, deu origem à Teoria da Tectônica de Placas.

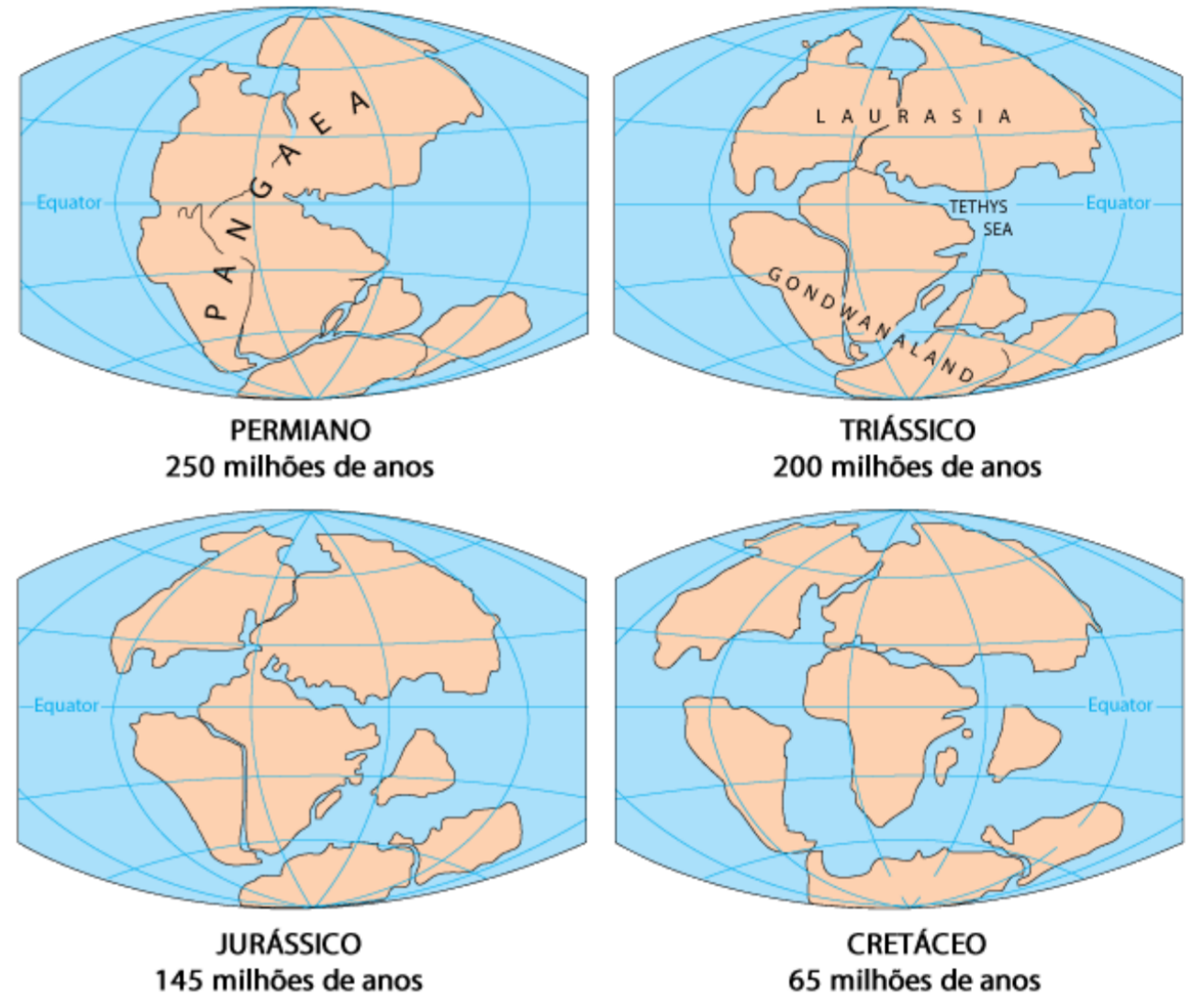


Figura 4: Movimentação dos continentes durante o tempo geológico. Fonte: USGS.

Atualmente a Teoria da Tectônica de Placas é bem aceita e funciona como base para explicar diversos outros mecanismos da dinâmica interna do nosso Planeta. Modernos sensores permitem que os cientistas saibam exatamente a que velocidade os continentes estão se movendo.

Se hoje os continentes estão se separando, sabe-se também que eventualmente eles vão novamente colidir e voltar a formar um grande continente. É possível até prever como será a Terra daqui a 250 milhões de anos, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Previsão da configuração dos continentes daqui a 250 milhões de anos. Fonte: Scotese, 2000.

Em 1915 o meteorologista Alfred Wegner, acreditando na movimentação dos continentes para chegar na posição atual, publicou uma obra onde relacionava novos argumentos para defender a deriva continental:

- Fósseis do réptil Mesosaurus foram encontrados no Brasil e na África do Sul (Figura 2).

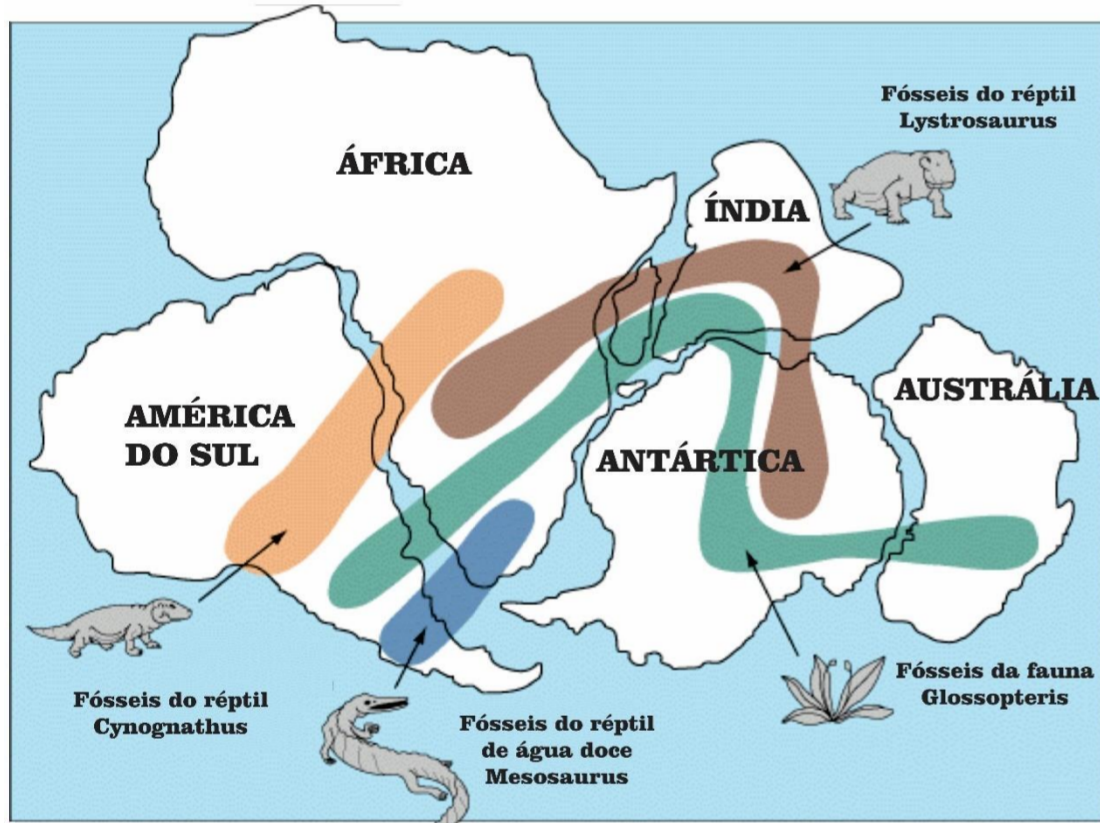


Figura 2: Evidência de que registros de fósseis da mesma espécie, como os Mesosaurus, encontrados em diferentes partes do planeta, provam que os continentes já estiveram unidos. Fonte: USGS.

- Camadas sedimentares da Bacia do Paraná na América do Sul são estratigraficamente semelhantes a rochas da Bacia Karoo na África do Sul (Figura 3).

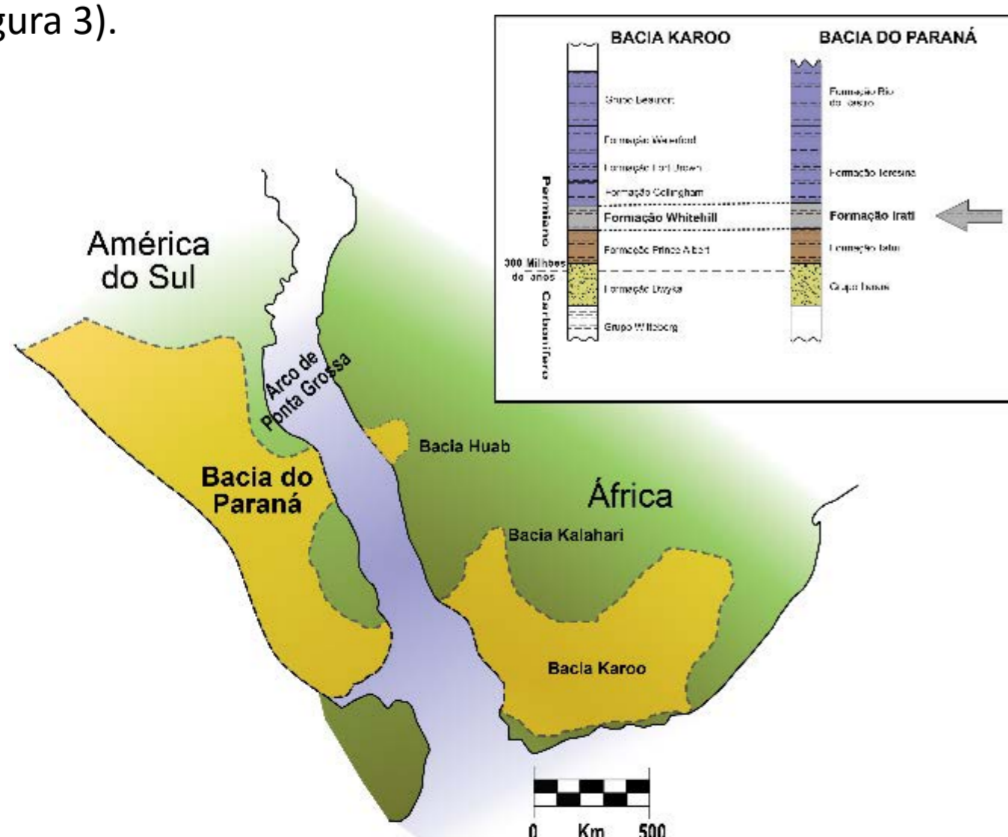


Figura 3: Reconstituição paleogeográfica mostrando a correlação estratigráfica entre a Bacia do Paraná e a Bacia Karoo. Fonte: Oleofsen, 1987

Bibliografia

- OELOFSEN, B. W. The biostratigraphy and fossils of the Whitehill and Irati Shale Formations of the Karoo and Parana Basins., 1987.
 USGS: <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/historical.html> - acesso em 06/04/2015.
 SCOTSE: <http://www.scotese.com/credits.htm> - acesso em 06/04/2015.

APÊNDICE C - DVD mostrando a evolução do uso e ocupação do solo no Distrito de Assistência, Rio Claro (SP), entre 1962 e 2015

