

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
Campus de Rio Claro

**GEOLOGIA DA FORMAÇÃO RIO CLARO  
NA FOLHA RIO CLARO (SP)**

**José Eduardo Zaine**

Orientador: Prof. Dr. Yociteru Hasui

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências - Área de concentração em Geologia Regional, para obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Rio Claro (SP)  
1994

BANCA EXAMINADORA

---

---

---

Rio Claro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**À minha esposa Mariselma;  
meus filhos Daniel, Leandro e Gabriel,  
meus pais Benedito e Lígia.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Yociteru Hasui, pela orientação, confiança e estímulo, além dos desafios lançados, aos quais procuramos corresponder.

À CAPES, pelo auxílio à pesquisa no ano de 1994.

À Prefeitura Municipal de Rio Claro, em especial à Secretaria de Desenvolvimento, Planejamento e Meio Ambiente, na pessoa do Professor Antonio Christofolletti, pelo apoio e incentivo.

À Professora Margarida M. Penteado Orellana, colega de trabalho, pelo aprendizado constante.

Aos professores Edson Gomes de Oliveira, Jairo R. Jiménez-Rueda, Norberto Morales e Leandro E. da Silva Cerri, pelas sugestões e discussões.

Ao Professor José Alexandre de Jesus Perinotto que sugeriu a retomada do tema e com o qual tivemos a oportunidade de discutir longamente o assunto.

Aos colegas da pós-graduação da UNESP, Ângelo Spoladore, Edna Facincani, Marcilene dos Santos, Daniel, Giorgio e Luís Felipe (Montanha) e, aos alunos da graduação, Rubens (Coiow) e José Antonio, pelo ajuda nos trabalhos de campo e nos programas computacionais e com os quais tive oportunidade de conviver e trocar experiências.

Aos desenhistas: Elen A. A. Prochnow, pela confecção dos desenhos e digitalização de mapas, e Darci C. de Lima, pelo apoio na montagem final da Dissertação.

À Raquel W. Pucci, pela dedicação nos trabalhos de fotocópias e montagem dos exemplares.

Ao paleontólogo Fernando C. Fittipaldi que, pelos seus trabalhos e conhecimento sobre a tafoflora cenozóica, auxiliou na elucidação e classificação dos fósseis por nós coletados.

Ao IPT, pela autorização e liberação parcial no decorrer do curso de pós-graduação.

À Dra. Mariselma Ferreira Zaine, companheira de todas as horas, pela valiosa e incansável colaboração e incentivo, imprescindíveis para o êxito deste trabalho.

## SUMÁRIO

ÍNDICE .....	i
ÍNDICE DE TABELAS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO 2. TRABALHOS ANTERIORES .....	6
CAPÍTULO 3. METODOLOGIAS, PROCEDIMENTOS E ETAPAS DO TRABALHO .....	10
CAPÍTULO 4. GEOLOGIA REGIONAL .....	13
CAPÍTULO 5. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS .....	26
CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
ANEXOS	

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA .....	1
1.2 ESCOPO E OBJETIVOS .....	1
1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	2
1.3.1 Área de estudo .....	2
1.3.2 Clima .....	2
1.3.3 Hidrografia .....	4
1.3.4 Contexto geomorfológico .....	4
1.3.5 Contexto geológico e pedológico .....	5
 <b>CAPÍTULO 2. TRABALHOS ANTERIORES</b> .....	 6
 <b>CAPÍTULO 3. METODOLOGIAS, PROCEDIMENTOS E ETAPAS DO TRABALHO</b> .....	 10
3.1 FASE TEÓRICA - BIBLIOGRAFIA E PESQUISA .....	10
3.2 FASE OPERACIONAL .....	10
3.2.1 Fotointerpretação .....	10
3.2.2 Trabalhos de campo .....	11
3.3 INTEGRAÇÃO DOS DADOS E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS .....	12
 <b>CAPÍTULO 4. GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	 13
4.1 CONTEXTO GERAL .....	13
4.2 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ .....	14
4.2.1 Grupo Itararé .....	14
4.2.2 Formação Tatuí .....	16
4.2.3 Grupo Passa Dois .....	17
4.2.3.1 Formação Irati .....	17
4.2.3.2 Formação Corumbataí .....	18
4.2.4 Grupo São Bento .....	19
4.2.4.1 Formação Pirambóia .....	20

4.2.4.2 Formação Botucatu .....	21
4.2.4.3 Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas .....	21
4.2.5 Grupo Bauru .....	22
4.2.6 Depósitos Cenozóicos .....	23
4.3 CONTEXTO ESTRUTURAL E TECTÔNICO .....	25
<b>CAPÍTULO 5. APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
5.1 GEOLOGIA DA FORMAÇÃO RIO CLARO .....	26
5.1.1 Área de ocorrência e distribuição .....	26
5.1.2 Relações de contato .....	27
5.1.3 Feições morfológicas .....	33
5.1.4 Litologia .....	40
5.1.5 Ambiente de sedimentação .....	49
5.1.6 Ocorrências fossilíferas .....	50
5.1.7 Idade .....	55
5.2 EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E TECTÔNICA .....	56
5.2.1 Considerações gerais .....	56
5.2.2 O Alto estrutural ou "Domo de Pitanga" .....	60
5.2.3 Análise estrutural da Formação Rio Claro e do seu contexto na Folha Rio Claro ..	62
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>

#### **ANEXOS:**

1- MAPA GEOLÓGICO

2- MAPA DE FOTOLINEAMENTOS

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 - Quadro síntese dos dados de fotolineamentos da Folha Rio Claro .....	64
Tabela 2 - Principais famílias de juntas em afloramentos das formações Corumbataí (P) e Rio Claro (T-Q) .....	67

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 - Mapa de Localização da Área de Estudo .....	3
Figura 2 - Arcabouço Estrutural da Bacia do Paraná .....	15
Figura 3 - Perfis Geológicos .....	30
Figura 4 - Seção Colunar da Formação Rio Claro - Rod. Washington Luiz .....	35
Figura 5 - Seção Colunar da Formação Rio Claro - Voçoroca da Mãe Preta .....	36
Figura 6 - Seção Colunar da Formação Rio Claro - Mineração Mandu - Ajapi .....	37
Figura 7 - Seção Colunar da Formação Rio Claro - Residencial Florença .....	38
Figura 8 - Seção Colunar da Formação Rio Claro - Voçoroca da Agroceres .....	39
Figura 9 - Fósseis da Formação Rio Claro (BJÖRNBERG <i>et al.</i> , 1964) .....	51
Figura 10 - Rosáceas de Fotolineamentos - Folha Rio Claro .....	63
Figura 11 - Rosáceas e Estereogramas (Schmidt-Lambert/semi-esfera inferior) de fraturas da Formação Rio Claro .....	65
Figura 12 - Rosáceas e Estereogramas (Schmidt-Lambert/semi-esfera inferior) de fraturas da Formação Corumbataí .....	69
Figura 13 - Estereogramas de falhas da Formação Rio Claro - Aflor.: Corte da Ferrovia/Jardim Paulista .....	71
Figura 14 - Estereogramas de falhas da Formação Rio Claro - Aflor.: Voçoroca da Vila Nova/Jardim Bandeirantes .....	72
Figura 15 - Síntese Geológico- Estrutural da Região de Rio Claro .....	77

## RESUMO

Este trabalho consistiu no estudo e interpretação da Formação Rio Claro em um contexto de evolução morfo-tectônica do Cenozóico paulista. A Formação Rio Claro tem sua seção-tipo no Município de Rio Claro, capeia grandes interflúvios planos 50 a 60 m acima do Rio Corumbataí, entre as cotas de 580 a 670 m. A área de estudo abrangeu a Folha Rio Claro na escala 1: 50.000, onde a unidade ocupa cerca de 25% da folha. O estudo envolveu descrição e levantamento de seções colunares da unidade, definição do padrão estrutural, através do tratamento estatístico de 1.269 dados de lineamentos obtidos em fotografias aéreas, além de medidas de fraturas e falhas, tanto da Formação Rio Claro como da Formação Corumbataí, subjacente. A maior parte do sítio urbano de Rio Claro está assentada sobre a Formação Rio Claro, o que justificou um estudo mais detalhado sobre a unidade. Esta formação apresenta como características marcantes: fraca litificação e profunda alteração pedogenética, espesso solo arenoso e domínio de litotipos arenosos, esbranquiçados, amarelados a avermelhados, variando de areia fina a grossa, com intercalação de camadas de conglomerados e de sedimentos argilosos. A espessura máxima é da ordem de 40 m, predominando valores entre 25 e 30 m. A descoberta de novos fósseis vegetais, ainda inéditos na unidade, e mesmo em outras seqüências cenozóicas correlatas no Estado de São Paulo, amplia o conhecimento da tafoflora da unidade. A análise estrutural de falhas e de fraturas revela dois eventos tectônicos distintos: o primeiro, distensivo e o outro, transcorrente. Com base na tectônica, indica-se idade, no mínimo, miocênica, para a Formação Rio Claro. O conhecimento geológico-estrutural da Formação Rio Claro permitirá um melhor planejamento do uso do solo no Município de Rio Claro. Dessa forma, dados de sondagens seriam de grande valia para o avanço de um estudo aplicado e dirigido, principalmente, para edificações e obras, água subterrânea e mineração.

### PALAVRAS-CHAVES:

Formação Rio Claro

Cenozóico

Evolução morfo-tectônica

Tectônica cenozóica

## ABSTRACT

The Rio Claro Formation of Cenozoic age has its type section in the Municipio of Rio Claro, São Paulo, where it supports thick sandy soils on uplands well above the valley of the Corumbataí River. The formation was studied over an area of 600 km<sup>2</sup>, five sections were described in detail and structural studies were made of 1.269 lineaments and some of its outcrops. These studies were made because much of the city of Rio Claro is built on this formation. Characteristically, the Rio Claro Formation occurs on large flat interfluves 50 to 60 m above the Corumbataí River at elevations between 580 to 670 m, has a distinct disconformity at its base, and consists predominantly of fine to coarse sand with only a few thin beds of gravel and clay. Colors range from white to yellowish and redish at depth. Maximum thickness appears to be about 40 m, although thicknesses of 25 to 30 m are more typical. Fossils consist mostly of fragmental, poorly preserved plant remains, in clay lenses. Newly plants fossils described are very important to paleobotanical knowledge of this sedimentary unity. Structural analysis of faulted and fractured outcrops reveals two different tectonic events - the first was tensional and the second transcurrent. These are thought to indicate a pre Miocene age. The geological and structural knowledge on Rio Claro Formation will be enable to a better planning and management on soil employments in the Municipio of Rio Claro. So, more wells could be very helpful to a study foccused mainly on buildings, underground water and mining.

### KEY-WORDS:

Rio Claro Formation

Cenozoic

Morpho-tectonic evolution

Cenozoic tectonism

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA

O sítio físico onde está assentada a área urbana de Rio Claro (SP) e boa parte do território municipal tem como substrato, sedimentos predominantemente arenosos, pouco litificados, de uma unidade litoestratigráfica admitida como terciária-quadernária, denominada e descrita como Formação Rio Claro (BJÖRNBERG & LANDIM, 1966)., As conseqüências da ocupação urbana são registradas na paisagem, com alteração e degradação do meio ambiente e, particularmente, do meio físico. A utilização do conhecimento básico como suporte técnico é fundamental no planejamento urbano e rural, tanto no presente como no futuro .

A Formação Rio Claro, a partir do final dos anos 80, desperta o interesse econômico, pelo alto teor de sílica dos arenitos, sendo objeto de pesquisa e exploração mineral, como areia industrial para vidro e moldes de fundição. Este fato cria uma nova abordagem da unidade ora estudada.

O conhecimento sobre a Formação Rio Claro foi adquirido, na maior parte, através dos trabalhos de cunho geológico e/ou geomorfológico das décadas de 60 e 70. Os dados esparsos mais recentes mostraram que ela é mais complexa, requerendo novas investigações para o entendimento de suas características e evolução.

O desenvolvimento de um trabalho de geologia básica é essencial para se avaliar o comportamento do substrato geológico diante de uma evolução natural e os processos que interagem sobre ele, tanto os internos como os externos.

### 1.2 ESCOPO E OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por escopo a busca do conhecimento geológico básico necessário para subsidiar o equacionamento e solução de questões práticas, como as geradas pela interferência da ocupação antrópica e exploração mineral.

O presente trabalho envolve revisão de dados existentes, obtenção e apresentação de dados novos. A retomada do tema não tem a pretensão de questionar os trabalhos anteriores, mas de utilizá-los como base para os acréscimos de novos dados e reinterpretção e síntese à luz dos conhecimentos mais recentes.

Tendo em vista esse escopo, foram focalizados os objetivos:

a) A caracterização e distribuição espacial dos litotipos, a definição dos processos de sedimentação e respectivos ambientes, além do estabelecimento de melhor posicionamento cronológico através do registro fossilífero;

b) Estudo e definição dos padrões estruturais, evidências de diastrofismos e possíveis regimes tectônicos a que a área esteve sujeita durante o Cenozóico, assim como a evolução do relevo.

## 1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 1.3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a Folha Rio Claro na escala 1:50.000 (IBGE - Folha SF-23-M-I-4), entre as coordenadas 22° 15' e 22° 30' S e 47° 30' e 47° 45' W e engloba cerca de 90% do Município de Rio Claro, além de parte dos municípios de Santa Gertrudes, Ipeúna, Charqueada, Corumbataí e Itirapina. Esta área se localiza na região centro-sudeste do Estado, na região administrativa de Campinas (Fig. 1).

O Município de Rio Claro, com 138.243 habitantes (IBGE, 1991), sendo 95% desta população na área urbana, dista 175 km a noroeste da Capital, com acesso rodoviário através do sistema Anhanguera-Bandeirantes e rodovia Washington Luiz (SP-310) e acesso ferroviário através da FEPASA.

### 1.3.2 Clima

O clima da área de estudo pode ser considerado tropical com duas estações definidas - Cwa na classificação de Koeppen, ou seja, **w**: seca no inverno, **a**: mês mais quente com temperatura superior a 22 °C. A área pode ser enquadrada dentro de um clima tropical alternadamente seco e úmido, controlado por massas tropicais e equatoriais, que predominam em mais de 50% do ano (MONTEIRO, 1973).

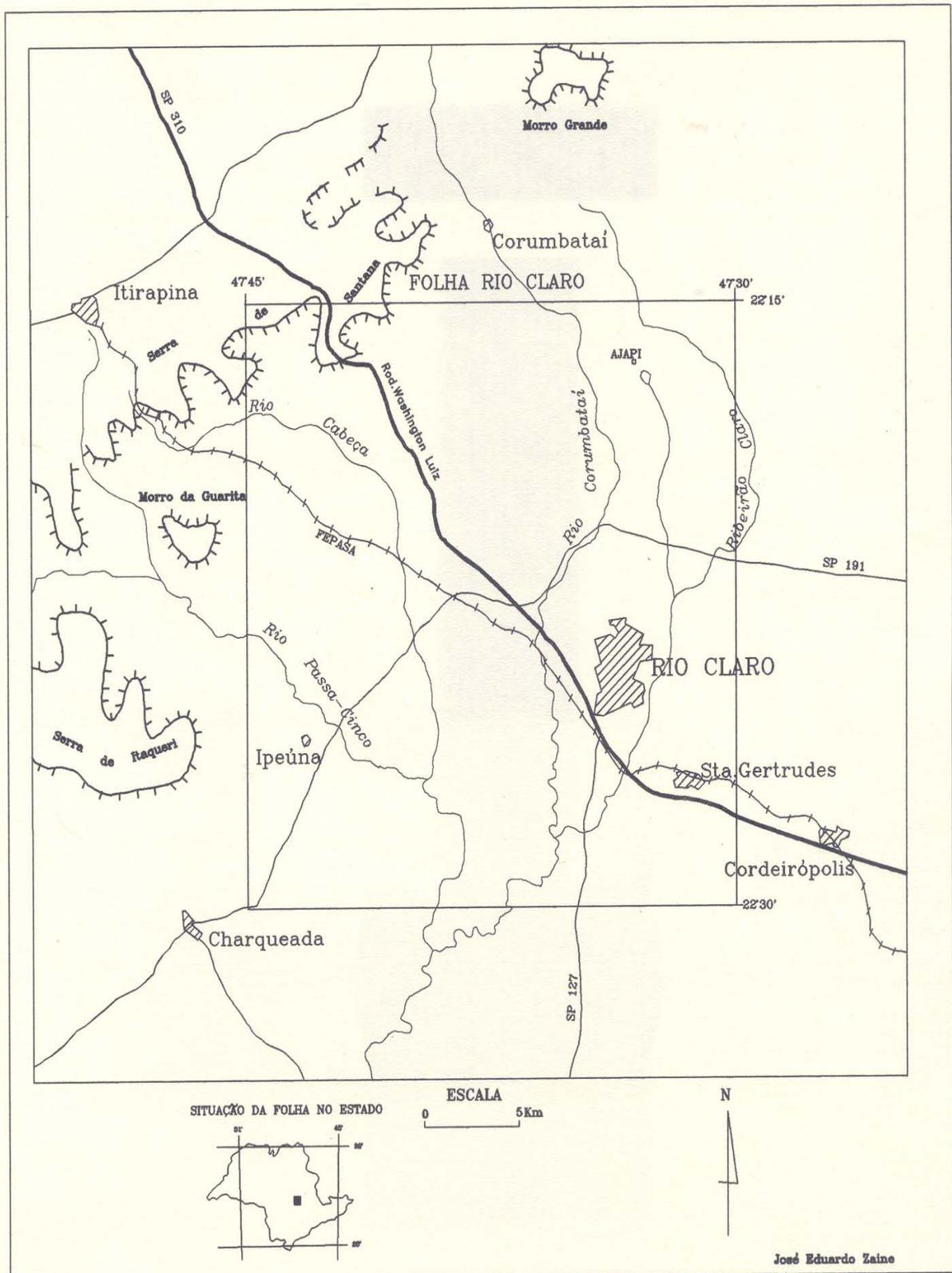


Figura 1 - Mapa de localização da Área de Estudo

Quanto à distribuição anual do regime das chuvas, ocorre um período seco, entre abril e setembro, com 15 a 20 dias de chuva, com precipitação de 180 a 200 mm; um período chuvoso, de outubro a março, com 55 a 60 dias de chuva, mais de 80% das precipitações anuais, com média de 1.200 mm. Temperatura média do mês mais frio varia entre +3 e 18 °C. As temperaturas médias anuais situam-se entre 18,1 e 20,9 °C.

Os ventos dominantes são os provenientes dos quadrantes S e SE.

### **1.3.3 Hidrografia**

A área é drenada pela bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, sendo os principais afluentes os rios Passa Cinco, Cabeça e Ribeirão Claro, e suas cabeceiras localizam-se nas escarpas das serras e morrotes que compõem a linha de cuestas; suas águas somam-se e afluem para o Rio Piracicaba.

O Rio Corumbataí, com extensão aproximada de 120 km, tem suas nascentes na Serra de Santana, a cerca de 800 m de altitude e vai desaguar no Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba, na cota de 470 m. A vazão média anual é de 22 m<sup>3</sup>/s e a vazão mínima, de 5 m<sup>3</sup>/s.

No alto curso é encachoeirado e corre em vales estreitos e profundos. Na cidade de Rio Claro, no médio curso, com declive pequeno, de 2 m/km, corre em vales abertos, com muitas curvas e meandros.

O Rio Corumbataí é considerado recente-subseqüente por AB'SABER (1969). PENTEADO (1976) admite para a orientação deste rio um forte condicionante tectônico, ou seja, falhamentos pós-cretácicos que afetaram a região. Segundo ALMEIDA (1964), "o Rio Corumbataí surgiu tardiamente no cenário da evolução geomórfica da região, pois é o único da Depressão Periférica a percorrer aproximadamente 100 km no sentido de norte para sul."

### **1.3.4 Contexto geomorfológico**

No contexto geomorfológico do relevo paulista, de acordo com vários trabalhos sintetizados no mapa geomorfológico do Estado (IPT, 1981a), o Estado de São Paulo é dividido em cinco grandes províncias geomorfológicas, sendo que a área de estudo está inserida nas províncias: "III- Depressão Periférica", zona do Médio Tietê, que

abrange a quase totalidade da Folha e "IV- Cuestas Basálticas", no extremo noroeste da Folha.

O sistema de relevo dominante na área estudada é abrangido pela Depressão Periférica, e definido por PENTEADO (1971), como composto por Colinas Tabuliformes, características das áreas do sítio urbano, Distrito Industrial e Campo do Cocho, ou seja, interflúvios extensos e aplainados, sem divisor de águas ou linha de cumeada bem definido (ZAINÉ & PENTEADO-ORELLANA, 1994), vertentes com perfis retilíneos a convexos, baixa densidade de drenagem e é comum a presença de lagoas, ligadas às cabeceiras ou isoladas nos topos planos .

A classificação aqui adotada é baseada no mapa geomorfológico do Estado (IPT, 1981a), com modificações baseadas em outros trabalhos, principalmente, nos de PENTEADO-ORELLANA e em observações de campo feitas pelo autor.

Esse sistema é denominado pelo IPT (1981a) como Colinas Amplas (212), que também descreve a ocorrência na Folha Rio Claro de relevos do tipo Colinas Médias (213) e Morrotes Alongados Paralelos (234) e na cuesta, Encostas com Cânions Locais (512) e ainda morro testemunho ou "Camacua" (Morro da Guarita, próximo a Itapé).

As altitudes variam de 500 m, no Rio Corumbataí, próximo de Assistência, até por volta de 850 m, na Serra dos Padres ou de Santana.

### **1.3.5 Contexto geológico e pedológico**

A área em questão localiza-se, geologicamente, no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, representada, no caso, por rochas sedimentares e vulcânicas das eras Paleozóica (Grupo Itararé; formações Tatuí, Irati e Corumbataí), Mesozóica (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos Recentes).

Dos solos que recobrem as área, os dominantes são definidos como podzólico vermelho-amarelo de textura média/argilosa e latossolo vermelho-escuro de textura argilosa e muito argilosa. Também ocorrem na área, latossolo vermelho-amarelado, latossolo roxo ("terra roxa"), solos hidromórficos e litólicos (OLIVEIRA *et al.*, 1981).

## CAPÍTULO 2

### TRABALHOS ANTERIORES

Trabalhos pioneiros sobre as várias bacias cenozóicas do Estado de São Paulo foram elaborados no final do século passado e início do século XX, com discussão da idade, gênese, ambiente de sedimentação e incluindo correlações entre elas (PENTEADO, 1969).

A partir de 1950 surgem várias publicações se referindo às "bacias de deposição moderna", localizadas (encravadas) em áreas do Planalto Cristalino, como as bacias de São Paulo, Curitiba e Taubaté. Entre estes autores se incluem FREITAS (1951), AB'SABER (1954, 1955) com vários trabalhos sobre geomorfologia e o Quaternário no Estado de São Paulo. Outras publicações versam sobre a interação geologia-geomorfologia (ALMEIDA, 1952) e foi editado um mapa geológico na escala 1:100.000 das Quadrículas Rio Claro e Piracicaba (ALMEIDA & BARBOSA, 1953).

Nestes trabalhos, alguns estudiosos como Ab'Saber, Bigarella, Tricart e Silva analisam os fatos e interpretações geomorfológicas com base em oscilações climáticas, associando a estas a gênese dos depósitos detríticos (PENTEADO, 1976).

Entre 1959 e 1966 foram publicados os primeiros trabalhos realizados na região de Rio Claro, envolvendo os então denominados "depósitos modernos" em área de cobertura sedimentar, isto é, os depósitos que têm como substrato as diferentes unidades da Bacia Sedimentar do Paraná.

PENTEADO (1976) analisa os trabalhos de Queirós Neto (1959) e Christofolletti & Queirós Neto (1961, 1962, 1966) sobre os sedimentos da Serra de Santana e destaca que são os primeiros autores a ligar os depósitos à evolução paleogeográfica de uma superfície interplanáltica e que aventam a possibilidade de ocorrências semelhantes em outras áreas da Depressão Periférica, próximas às cuestas arenito-basálticas.

MEZZALIRA (1959, 1962), estudando depósitos cenozóicos paulistas, relata ocorrências fossilíferas na região de Rio Claro, representadas por restos vegetais.

BJÖRNBERG *et al.* (1964 a, b), em dois trabalhos que se complementam, descrevem com maior detalhe as exposições de "depósitos modernos", principalmente nas voçorocas dos arredores da cidade de Rio Claro, incluem levantamento de seções colunares, análises sedimentológicas e descrição, inclusive com

desenhos bastante elucidativos dos restos vegetais fósseis encontrados nesta unidade. Os autores tecem, ainda, considerações interpretativas em relação à classificação dos fósseis, idade e ambiente deposicional.

BJÖRNBERG (1965), ao estudar vários depósitos semelhantes em todo o Estado de São Paulo, descreve as características texturais, granulométricas e litológicas, identificando-os e classificando-os como sedimentos "modernos". O autor destaca, pioneiramente, a influência da tectônica regional nestes depósitos.

BJÖRNBERG & LANDIM (1966) propõem a designação estratigráfica de Formação Rio Claro. Os autores, com base em parâmetros estatísticos, a partir de análises granulométricas e mineralógicas, destacam a semelhança com o "Arenito Botucatu". Finalizando, concluem que a unidade se formou a partir de depósitos torrenciais, com orientação semelhante à drenagem atual, optando ainda, por atribuírem à influência climática, fator preponderante na formação dos sedimentos estudados.

FULFARO & SUGUIO (1968) associam a Formação Rio Claro a depósitos sedimentares originados em ambiente fluvial, condicionados por fenômenos tectônicos, descartando influências climáticas ou admitindo-as bastante tênues. Ao estudarem cortes da ferrovia recém-abertos na época, próximos à cidade, fazem observações a partir das exposições da unidade sobre grandes irregularidades no embasamento. Admitem, ainda, ser a Formação Rio Claro, correspondente a um paleocanal, disposto paralelamente ao traçado atual do Rio Corumbataí, considerando, para corroborar esta hipótese, uma área de ocorrência muito restrita para estes depósitos.

PENTEADO (1968, 1969, 1976, 1981) estuda a evolução do relevo da região e, diferentemente dos outros geógrafos, dá importância destacada aos condicionantes estruturais e litológicos. No trabalho de 1968, a autora observa que elementos retilíneos de drenagem e relevo têm correspondência e paralelismo com as direções configuradas pelas linhas de cuestas, admitindo um condicionamento estrutural e uma origem complexa para o relevo de cuestas.

PENTEADO (1969), em estudo de caráter geomorfológico, utiliza o termo "moderno" para os depósitos da região de Rio Claro, associando-os à definição da superfície de aplainamento que nivelou os divisores regionais entre 600 e 650 m, definindo um compartimento de relevo individualizado dentro da Depressão Periférica, ao qual denomina Bacia de Sedimentação de Rio Claro. No mesmo trabalho, a autora associa os depósitos detríticos como contemporâneos ou de idades sucessivas entre o final do Terciário e o Pleistoceno. Em relação a problemas paleogeográficos, compara formações neocenozóicas detríticas grossas e finas e as relaciona a diferentes níveis erosivos.

AB'SABER (1969), em estudo sobre a Depressão Periférica Paulista, utiliza a denominação "Bacia de Rio Claro", termo usado na época pelos geógrafos, e a define "como uma ampla superfície alveolar rasa, ligeiramente embutida abaixo da superfície neogênica".

PENTEADO (1976), ao estudar o setor centro-ocidental da Depressão Periférica, demarca diversas superfícies de aplainamento/nivelamento de relevo, como resultado da ação de processos morfogenéticos. A autora destaca, na área de Rio Claro, uma superfície entre 600 e 650 m, que nivelou os topos dos principais interflúvios, durante uma fase seca do Quaternário, e sob a qual ocorre a Formação Rio Claro, denominando-a de "Superfície de Rio Claro", ou ainda "Neogênica II", propondo, localmente, uma subdivisão para a superfície Neogênica de De Martone.

Para explicar a origem dos sedimentos da Formação Rio Claro, PENTEADO (1976) postula condicionantes tectônicos, admitindo a reativação de antigas falhas que geraram condições para a deposição aluvial a montante, aliados a fatores climáticos. A sedimentação ter-se-ia processado sob condições áridas a semi-áridas, alternadas com fases mais úmidas, provavelmente, em épocas mais frias do Quaternário e em fluxos torrenciais, num paleocanal que seria um antepassado do Rio Corumbataí.

PENTEADO-ORELLANA (1981) estuda o sítio físico, onde está assentada a cidade de Rio Claro, caracterizando suas feições morfológicas e seu substrato geológico, comparando estas características e sua influência na ocupação urbana.

Na Carta Geológica 1:250.000, Folha Campinas (CPRM/DNPM,1979), a Formação Rio Claro é estendida, com base em ANDRADE & SOARES (1971), para depósitos similares, em níveis variáveis, que ocorrem nas regiões de Pirassununga, Mogi-Guaçu, Paulínia, Santa Bárbara D'Oeste e Capivari. Entretanto, é feita a ressalva de que "o emprego do termo Formação para esses sedimentos é desaconselhável, por se tratarem na maioria das vezes de depósitos coluviais e eluviais, de difícil correlação a maiores distâncias."

No mapeamento de coberturas superficiais na Folha Leme escala 1:50.000, FREITAS *et al.* (1979) descrevem uma unidade litoestratigráfica de grande extensão, com espessura de até 20 m, de composição essencialmente arenosa, homogênea, inconsolidada e sem estruturas, denominada Formação Pirassununga e correlacionada com a Formação Rio Claro. Para tais depósitos, os autores propõem idade terciária, apenas com base nas suas relações de contato, posicionados sobre sedimentos mesozóicos e sotopostos a coberturas quaternárias.

No Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 (IPT, 1981b, no texto sobre as coberturas cenozóicas), é restringida a extensão da Formação

Rio Claro para a área em que foi originalmente descrita, cartografando-se, distintamente, os depósitos tidos como correlatos, com a justificativa de uma carência de dados para melhor esclarecer as relações. Da mesma forma, o tema é tratado por MELO & PONÇANO (1983), que definem estas coberturas como depósitos controlados por soleiras locais, inseridos no contexto da Depressão Periférica.

No Léxico Estratigráfico do Brasil (DNPM, 1984) são resumidos os trabalhos de BJÖRNBERG *et al.* (1964) e BJÖRNBERG & LANDIM (1966), reconhecendo a seção-tipo da Formação Rio Claro na região da cidade homônima, como sedimentos pleistocênicos, que capeiam uma superfície topográfica, considerada inferior dentre três reconhecidas na região, a partir da superfície de cimeira das cuestas arenito-basálticas.

Com uma abordagem voltada para os aspectos geotécnicos da Formação Rio Claro, CAMPOS (1979) destaca os problemas de colapsidade de seu solo por saturação, e COTAS (1983) estuda e caracteriza a unidade, em maior detalhe, com um grande número de informações em uma linha de pesquisa voltada à cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano.

OLIVEIRA (1987 a, b), estudando uma voçoroca no Distrito de Ajapi, a norte da cidade de Rio Claro, onde se instalou a Mineração Mandu, enfoca a exploração e o potencial da Formação Rio Claro, seu aproveitamento como areia industrial e ainda expõe a compatibilidade da atividade minerária, como uma forma de utilização e recuperação da área degradada pelos processos erosivos.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIAS, PROCEDIMENTOS E ETAPAS DO TRABALHO**

#### **3.1 FASE TEÓRICA - BIBLIOGRAFIA E PESQUISA**

Nesta etapa foram levantados os trabalhos divulgados na literatura geológica e geomorfológica, ou seja, em congressos, revistas, teses e dissertações, etc., onde se buscou o conhecimento prévio estabelecido sobre o tema e a região. A partir desse quadro, pôde-se definir e nortear as principais linhas de ação para o desenrolar da pesquisa.

Além do levantamento bibliográfico, outro fator que motivou e auxiliou a orientação da pesquisa foi um conhecimento preliminar da área adquirido no dia-a-dia do trabalho na área de ocorrência da Formação Rio Claro, como nas grandes voçorocas da orla da cidade, que expõem bons afloramentos da referida unidade.

A partir desta base, foi possível levantar algumas questões e determinar possíveis lacunas na área de conhecimento sobre o assunto.

Após a confecção de um mapa preliminar, compilado de publicações e mapeamentos já existentes, em diferentes escalas e abrangendo áreas distintas, em épocas diversas e com enfoques também variados, foram selecionadas áreas e possíveis exposições de afloramentos, onde pudessem ser levantadas seções representativas da Formação Rio Claro.

#### **3.2 FASE OPERACIONAL**

##### **3.2.1 Fotointerpretação**

A partir de aerofotos da Terrafoto na escala 1: 40.000, do ano de 1988, e usando informações de mapeamentos anteriores e de pontos checados em campo, foram definidos os contatos e feições geológicas da área, assim como os alinhamentos estruturais (falhas e fraturas).

Os trabalhos de fotointerpretação consistiram no fechamento do mapa geológico, com a definição dos contatos geológicos, identificação de feições

geomorfológicas, feições texturais e da extração sistemática de elementos lineares de relevo e drenagem, a qual resultou em um mapa de fotolineamentos com a definição das principais direções estruturais presentes na área estudada, através do tratamento estatístico destas informações (ANEXOS 1 e 2).

Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Cartografia do Centro de Análise e Planejamento Ambiental - CEAPLA, do Instituto de Geociências da UNESP - Rio Claro, sendo utilizado um estereoscópio de espelho para a fotointerpretação e um "ZOOM" para transferência à base topográfica na escala 1: 50.000.

### **3.2.2 Trabalhos de campo**

A fase de campo consistiu na checagem de pontos para confecção do mapa geológico, levantamento das seções colunares e obtenção de medidas de falhas e fraturas para elaboração de diagramas estruturais.

Na verificação dos pontos, partiu-se de um conhecimento prévio da área, não se tratando, portanto, de mapeamento geológico sistemático. Foram verificados contatos e falhamentos (alinhamentos), com a descrição e caracterização dos afloramentos, com enfoque, principalmente, voltado para os limites da Formação Rio Claro, visando à confecção do mapa geológico.

Esta etapa contribuiu para a definição e geometria dos contatos, tanto o basal, com as formações Corumbataí e Pirambóia, como o de topo, com as coberturas mais recentes.

As seções colunares da Formação Rio Claro foram levantadas, principalmente, nas voçorocas e em cortes de rodovias e da ferrovia. As seções foram localizadas e amarradas a partir de pontos representativos situados em plantas topográficas na escala 1: 10.000, obtidas junto à Prefeitura Municipal de Rio Claro, sempre da base para o topo.

Para o levantamento destas seções foi utilizado o seguinte material: trena, metro, clinômetro da bússola, lupa, martelo, enxada de jardinagem, prancheta e ficha de descrição, máquina fotográfica, além de sacos plásticos e jornais para amostrar e acondicionar os fósseis encontrados.

A descrição dos afloramentos da Formação Rio Claro buscou informações sobre a relação espacial das diferentes litologias e conseqüente determinação da faciologia, definição das estruturas sedimentares, textura, granulometria (definida por análise de campo), localização e identificação de horizontes fossilíferos. A documentação,

com fotografias panorâmicas dos afloramentos e de detalhe, de estruturas e feições conspícuas, ilustrou melhor as descrições.

Os trabalhos de campo foram complementados com medidas sistemáticas de falhas, fraturas e estrias em afloramentos das formações Corumbataí e Rio Claro, para posterior tratamento estatístico, além da identificação de possíveis estruturas tectônicas e neotectônicas.

### 3.3 INTEGRAÇÃO DOS DADOS E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Os dados de campo, reunidos aos dados compilados e aos de fotolineamentos, lançados numa base topográfica, permitiram a elaboração de um mapa geológico e um mapa de fotolineamentos, na escala 1: 50.000, nos quais também foram plotados os principais pontos de observação, tanto estrutural como litológica, além dos locais referidos no texto. A digitalização dos mapas foi feita através do programa de computação gráfica AUTOCAD.

As medidas de elementos estruturais lineares e planares, extraídos de aerofotos e de afloramentos, foram tratadas em programas estatísticos (GEOLOG, TRADE e STRESSAN) e traduzidos em diagramas de rosáceas, ciclográficos e estereogramas (Schmidt-Lambert).

A partir destes diagramas, procurou-se fazer a interpretação, com o posicionamento dos eixos de deformação, das direções e do regime de tensão a que esteve submetida a área de estudo.

As seções colunares da Formação Rio Claro foram montadas com os dados de campo, optando-se pela apresentação, na forma descritiva, das cinco seções mais significativas, fazendo-se a interpretação a partir do conjunto das seções.

A busca de ocorrências fossilíferas se deu intensamente nos horizontes pelíticos, identificando-se, previamente, alguns níveis com potencial paleontológico. As amostras com fósseis tiveram uma descrição preliminar, na qual fomos auxiliados pelos paleontólogos Fernando C. Fittipaldi e Mariselma F. Zaine.

## CAPÍTULO 4

### GEOLOGIA REGIONAL

#### 4.1 CONTEXTO GERAL

A área em questão localiza-se, geologicamente, no setor paulista do flanco nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, representada, no caso, por rochas sedimentares e vulcânicas das eras Paleozóica (Grupo Itararé, formações Tatuí, Irati e Corumbataí), Mesozóica (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e Cenozóica (Formação Rio Claro e depósitos recentes).

A Bacia Sedimentar do Paraná tem sido estudada por diversos autores, dentre eles SCHNEIDER *et al.* (1974), FULFARO *et al.* (1980) e ZALÁN *et al.* (1987), em trabalhos de revisão. É definida como uma extensa bacia intracratônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana, atingindo cerca de 6.000 m de sedimentos e lavas vulcânicas. Esta província sedimentar está situada na parte centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de cerca de 1.700.000 km<sup>2</sup> (160.000 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo) e que, além do Brasil, ocupa 400.000 km<sup>2</sup> na Argentina, 100.000 km<sup>2</sup> no Uruguai e 100.000 km<sup>2</sup> no Paraguai.

A bacia tem um formato alongado segundo a direção NNE-SSW, com eixo paralelo ao Rio Paraná, do qual deriva seu nome. Sua evolução iniciou-se a partir do Siluriano, de algum modo, relacionada ao fim do Ciclo Brasileiro (ZALÁN *et al.*, 1987), evoluindo até o Cretáceo Superior, podendo ainda adentrar na Era Cenozóica (IPT, 1980).

FULFARO *et al.* (1982) associam os elementos estruturais e a evolução da bacia a linhas de fraqueza preexistentes no seu embasamento. ZALÁN *et al.* (1987) também admitem que boa parte da evolução estratigráfico-estrutural desta bacia foi controlada por grandes estruturas preexistentes, herdadas do seu embasamento e, inclusive, fazem a seguinte citação: ... "uma compreensão mais apurada do arcabouço estrutural do embasamento é de importância fundamental na interpretação correta da evolução estratigráfico-estrutural da bacia. Isto também se estende para todas as bacias intracratônicas do mundo. Numa área intraplaca, distante de eventos tectônicos, a atividade tectônica está basicamente restrita às reativações de falhamentos do embasamento. Este é o mecanismo através do qual os esforços intraplaca, criados pelas

movimentações das placas e dos eventos orogenéticos associados às margens das mesmas, são disciplinados. O estilo estrutural prevalescente durante a vida de uma bacia intracratônica é caracterizado pelas movimentações verticais e horizontais dos blocos limitados por falhas que constituem o embasamento".

A Figura 2 mostra as principais feições tectônicas, contendo os lineamentos estruturais, arcos e flexuras.

A divisão estratigráfica tradicional, aqui adotada, desmembra a coluna da Bacia do Paraná em grupos e formações e foi, parcialmente, modificada por GAMA JR. *et al.* (1982), que as agrupou em três grandes unidades (Série Campos Gerais - Devoniana; Série Rio Tietê - permo-carbonífera e Série Serra do Espigão - Permiano Superior), com base nas relações tempo/espaciais das unidades-rocha.

ZALÁN *et al.* (1987), na mesma linha dos autores acima, estenderam o estudo para toda a coluna da Bacia do Paraná, definindo cinco seqüências deposicionais principais que variam, em idade, do Siluriano ao Cretáceo.

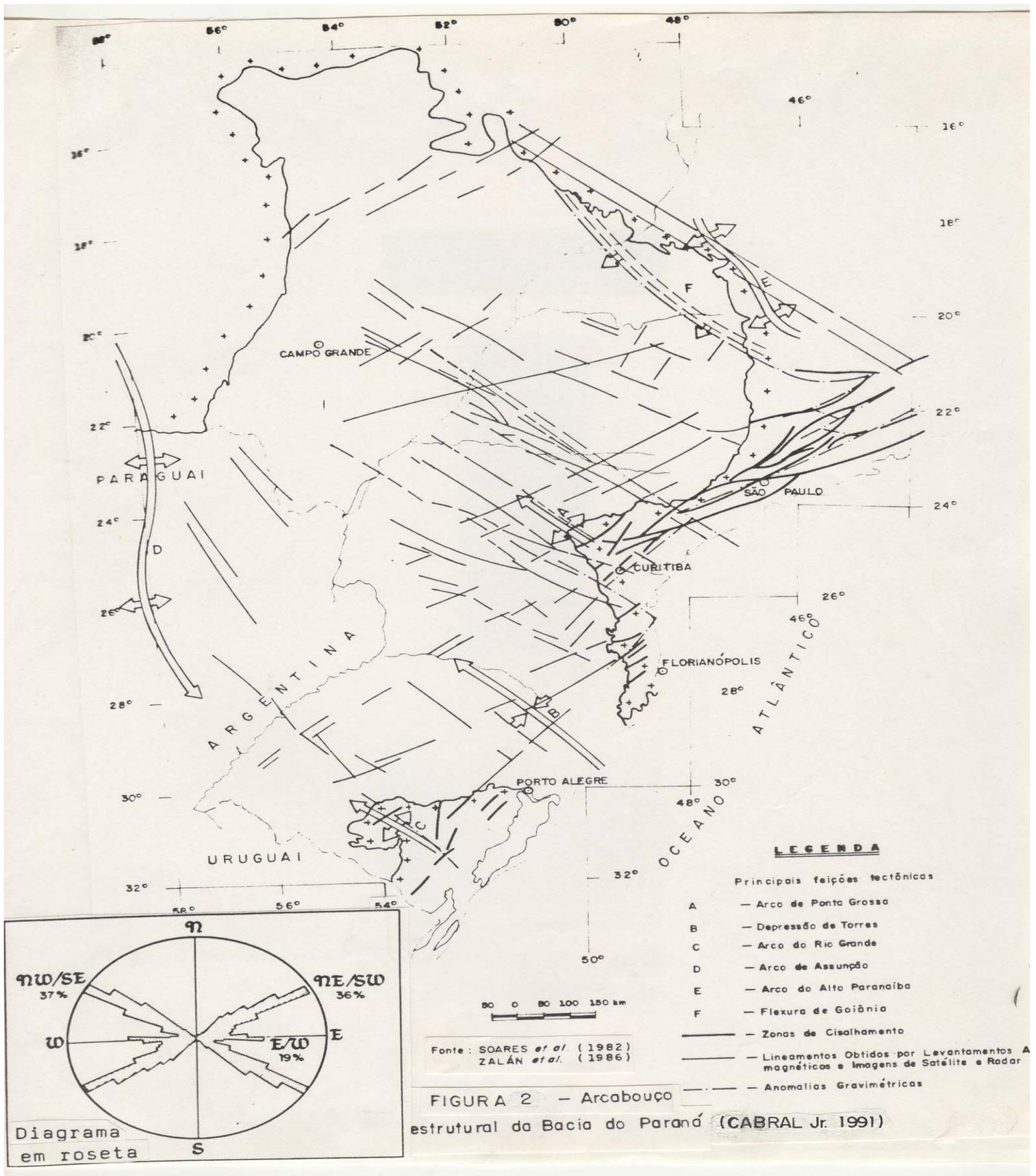
A seguir são descritas as unidades da Bacia do Paraná, aflorantes na região abrangida pela Folha Rio Claro (1: 50.000), destacando um panorama geral de cada uma quanto a sua definição e breve histórico, área de ocorrência e espessuras no Estado de São Paulo, litotipos dominantes, ambiente de deposição, registros fossilíferos e idade admitida.

## 4.2 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DA BACIA DO PARANÁ

### 4.2.1 Grupo Itararé (PC)

Constitui a unidade basal da seqüência permo-carbonífera da Bacia do Paraná, sendo, ainda, a base da coluna na região de Rio Claro, aflorando no fundo dos vales dos rios Corumbataí e Passa Cinco, na estrutura denominada domo de Pitanga (ANEXO 1-Mapa Geológico) e, em, praticamente, toda a área de afloramentos no Estado de São Paulo que ocupa uma larga faixa marginal (de até 80 km) da Depressão Periférica Paulista, bordejando a província cristalina .

Oliveira (1916, apud SCHNEIDER *et al.*, 1974) usou, pela primeira vez, o termo Série Itararé para nomear os depósitos glaciais que ocorrem na Bacia do Rio Itararé, região sul de São Paulo. A partir dos trabalhos de Gordon Jr. (1947) e de Maack (1947, apud SCHNEIDER *et al.*, 1974), a unidade passou à categoria de Grupo, havendo, até hoje, divergências quanto à classificação adotada.



No Estado de São Paulo, o Grupo Itararé é constituído, predominantemente, de sedimentos arenosos de granulometria variada, desde muito fina a conglomerática. Ocorrem também pacotes expressivos de diamictitos e sedimentos pelíticos, representados por siltitos, folhelhos e ritmitos, podendo conter seixos e blocos erráticos. Subordinadamente, ocorrem camadas delgadas de carvão, pesquisadas pelo IPT no início dos anos 80 (CABRAL JR., 1991), antes descritas por SAAD (1977) e FULFARO *et al.* (1980).

Todo "pacote" Itararé mostra registros da influência de processos glaciais, com o início da deposição de caráter continental, de alta energia, transgredindo para ambiente marinho, a partir da gradativa instalação de lobos deltáicos e fácies pelíticas plataformais, com alternância de fluxos de massa subaquosos e turbiditos.

O conteúdo paleontológico do Grupo Itararé é escasso, sendo composto por registros mais freqüentes de vegetais fósseis, podendo ocorrer em menor escala, lamelibrânquios, gastrópodos e braquiópodos, associados a fácies marinhas.

Na região nordeste do Estado de São Paulo ocorrem sedimentos arenosos de coloração avermelhada, típica de deposição predominantemente continental, com contatos interdigitados com as demais porções do Grupo, denominados de Formação Aquidauana.

O Grupo Itararé atinge espessura de até 1.400 m no sudoeste do Estado, adelgçando para nordeste.

Com relação à idade do Grupo Itararé, estudos bioestratigráficos posicionam a sedimentação no intervalo Stephaniano - Kunguriano (final do Carbonífero Superior - topo do Permiano Inferior; DAEMON & QUADROS, 1970) e estudos mais recentes (SOUZA *et al.*, 1990) indicam que o início da sedimentação se deu durante o Westphaliano (Carbonífero Superior).

#### **4.2.2 Formação Tatuí (P)**

A Formação Tatuí corresponde, na região de Rio Claro, ao Grupo Guatá dos estados do sul, onde é dividido nas formações Rio Bonito e Palermo. Juntamente com o Grupo Itararé, a Formação Tatuí compõe, no Estado de São Paulo, o denominado Supergrupo Tubarão. Seu contato basal é admitido como transicional com o Grupo Itararé.

No Estado de São Paulo distribui-se por uma faixa de afloramentos com até 10 km de largura, estendendo-se desde a cidade de Leme até a divisa com o Paraná,

próximo de Fartura (SP), com espessura não ultrapassando 100m , sendo que a nordeste foram medidas colunas com pouco menos de 30m (LANDIM *et al.*,1980). Na região de Rio Claro aflora no domo de Pitanga (SW da Folha Rio Claro), no baixo vale dos rios Corumbataí, Passa Cinco e Cabeça (ANEXO 1), com espessura da ordem de 70 a 80m (SEPE, 1990).

Litologicamente, é composta por siltitos e lamitos de cores verde, creme e chocolate, geralmente maciços e bioturbados, constituindo-se numa seqüência eminentemente pelítica. Subordinadamente, ocorrem arenitos, conglomerados e calcários.

SOARES (1972) divide a Formação Tatuí em membros inferior e superior, com uma distinção visual com base em cores vermelha, marrom e chocolate para a porção basal e uma tendência de cores esverdeada a acinzentada e até siltitos pretos carbonosos, refletindo condições mais redutoras para o topo.

O ambiente de deposição é definido, por FULFARO *et al.* (1984) e PERINOTTO (1987), como representando uma plataforma marinha, um sistema costeiro e, localmente, um sistema de leques deltáicos.

### **4.2.3 Grupo Passa Dois**

A denominação foi dada, originalmente, por White (1908 apud SCHNEIDER *et al.*, 1974), como "Série" Passa Dois, que é constituída na região sul pelas formações Irati, Serra Alta, Terezina e Rio do Rasto, e no Estado de São Paulo, pelas formações Irati e Corumbataí.

#### **4.2.3.1 Formação Irati (P)**

A Formação Irati constitui a unidade litoestratigráfica da Bacia do Paraná com maior homogeneidade e identidade em toda a sua extensão areal, apesar da pequena espessura (em média 40 m e não ultrapassando os 70 m), sendo adotada em diversos trabalhos como um "horizonte-guia", correspondendo, ainda, a uma fase de grande estabilidade tectônica da bacia (GAMA JR. *et al.* ,1982).

Na região de Rio Claro tem suas principais exposições junto ao Distrito de Assistência, na parte sul da Folha Rio Claro, onde existem várias pedreiras para exploração de calcário dolomítico (ANEXO 1- Mapa Geológico). A espessura da unidade na área é de cerca de 25 m.

White (1908 apud SCHNEIDER *et al.*, 1974) utilizou, pela primeira vez, o nome Irati, para designar uma seqüência de folhelhos com restos do réptil *Mesosaurus brasiliensis*, descritos na cidade de Irati no Estado do Paraná.

A Formação Irati pode ser dividida, em toda a bacia, em dois membros: a seqüência basal, constituída por folhelhos de cores cinza-escuro e cinza-claro e siltitos de coloração cinza, denominada Membro Taquaral; a seqüência superior, composta por folhelhos cinza-escuros, folhelhos pretos, pirobetuminosos, associados a calcários, geralmente, dolomíticos, correspondendo ao Membro Assistência, nome dado em alusão ao distrito homônimo do Município de Rio Claro.

A Formação Irati corresponde ao ápice do evento transgressivo que afetou a seqüência permo-carbonífera da bacia, sendo admitido ambiente marinho de águas calmas para a porção basal e marinho de águas rasas, preferencialmente em áreas de plataforma, para o membro superior (SCHNEIDER *et al.*, 1974). PERINOTTO (1991), discorda desta interpretação, argumentando estar registrado na Formação Palermo somada ao Membro Taquaral, o máximo da transgressão marinha no Permiano.

Seu conteúdo paleontológico é bastante variado e com presença marcante em determinados níveis. Restos de peixes, de crustáceos dos gêneros *Clarkecaris*, *Paulocaris* e *Liocaris* são comuns no Membro Taquaral, enquanto répteis *Stereosternum tumidum* (bastante característicos), restos de peixes, fragmentos vegetais (caules de Lepidodendrales), carapaças de crustáceos (prováveis malacóstracos) e palinomorfos, são bastante comuns no Membro Assistência (SIMÕES & FITTIPALDI, 1992). Com base em estudos palinológicos, DAEMON & QUADROS (1970) indicaram idade do Permiano Superior (Kazariano/Tatariano) para a unidade.

O contato inferior com a Formação Palermo é considerado concordante em quase toda a bacia, exceção feita ao Estado de São Paulo, onde são descritas relações discordantes com a Formação Tatuí (SCHNEIDER *et al.*, 1974) e o contato superior com a Formação Corumbataí é considerado concordante.

#### 4.2.3.2. Formação Corumbataí (P)

Define-se como Formação Corumbataí, a unidade superior do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo, com área de ocorrência bastante extensa no vale do Rio Corumbataí (ANEXO 1-Mapa Geológico), de onde foi proposta sua designação por Pacheco (1927 apud SCHNEIDER *et al.*, 1974). Na região sul do Estado, a referida unidade é definida pelas formações Serra Alta e Teresina, com ocorrência até as

proximidades de Piracicaba, passando a norte, para a Formação Corumbataí (GAMA JR, 1979; CABRAL JR., 1991).

Outra designação para a unidade em questão, muito utilizada por diferentes autores, especialmente por LANDIM (1970), foi a de "Formação Estrada Nova", nome este que não tem sido utilizado nos trabalhos mais recentes.

Litologicamente, é constituída por argilitos, siltitos e folhelhos arroxeados e marrom-avermelhados, às vezes esverdeados, com intercalações de arenitos, leitões carbonáticos e coquinas. Seus espessos e contínuos pacotes lamíticos são alvos de intensa atividade de mineração, sendo cada vez mais explorada para fabricação de cerâmica vermelha.

A espessura da Formação Corumbataí, junto a sua faixa aflorante, em território paulista, é da ordem de 130 m. Na região de Rio Claro é admitida uma espessura máxima de 130 m, adelgaçando para norte, não ultrapassando 60 m nas proximidades de Leme/Pirassununga (LANDIM, 1970).

Suas características faciológicas indicam um ambiente deposicional associado a planícies de maré, interpondo-se, esporadicamente, depósitos de "offshore", sendo admitidas condições mais continentais para o topo (GAMA JR., 1979).

Os fósseis descritos para a Formação Corumbataí são lamelibrânquios ou bivalves (na forma de moldes e silicificados), conchostráceos, ostracodes, peixes cartilagenosos e ósseos, vegetais, principalmente, representados por licófitas Lepidodendrales (*Lycopodiopsis derbyi*), gimnospermas Glossopteridales (*Glossopteris* sp) e megásporos (SIMÕES & FITTIPALDI, 1992).

A idade da formação, com base em palinomorfos, tem sido atribuída ao Kazaniano, ou seja, final do Permiano Superior (DAEMON & QUADROS, 1970).

#### **4.2.4 Grupo São Bento**

O Grupo São Bento compõe a seqüência triássico-cretácica, representada pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, com registros de uma sedimentação exclusivamente continental, marcada por um clima árido a semi-árido e encerrada por um extenso vulcanismo (magmatismo) basáltico.

A partir da Era Mesozóica aconteceram mudanças nos processos geodinâmicos da Bacia do Paraná, quando passou a sofrer influência de um novo episódio tectônico, culminando com a divisão do continente gondvânico. Esse episódio é referido como Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967) ou Sul-Atlantiana

(SCHOBENHAUS *et al.*, 1984). Neste novo cenário geotectônico, em etapa precursora, processou-se a sedimentação flúvio-eólica das formações Pirambóia e Botucatu e a extrusão dos derrames de basalto da Formação Serra Geral (ASMUS, 1975).

#### 4.2.4.1. Formação Pirambóia (TR)

A Formação Pirambóia é constituída por espessos corpos de arenitos esbranquiçados, amarelados e avermelhados, de granulometria fina a média, com intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos, ocorrendo, localmente, níveis conglomeráticos. Estruturas sedimentares, como estratificação cruzada de grande e médio porte, são elementos característicos da unidade.

O nome Pirambóia foi dado por Pacheco (1927, apud SCHNEIDER *et al.*, 1974), ao descrever as exposições situadas nas imediações da localidade de Pirambóia, próxima a Piracicaba (SP), indicando o local como a sua "seção-tipo".

Sua faixa de afloramento no Estado estende-se desde a divisa do Paraná até a de Minas Gerais, com larguras entre 5 km a mais de 50 km, constituindo-se numa das unidades de maior ocorrência no centro-leste paulista (LANDIM *et al.*, 1980). A espessura da Formação Pirambóia é de, no máximo, 300 m na Bacia do Rio Tietê, reduzindo-se para sul e para nordeste do Estado, sendo medidos cerca de 150 m para a região de Rio Claro, onde ocupa, praticamente, todo o quadrante noroeste da Folha Rio Claro (ANEXO 1).

O contato inferior é marcado por uma discordância com a Formação Corumbataí, e o contato superior, com a Formação Botucatu, é considerado concordante pela maioria dos autores.

Os fósseis desta unidade são pouco abundantes, sendo descritos, conchostráceos e ostracodes de água doce, com gêneros, predominantemente, do Mesozóico.

A idade, apesar das ocorrências fossilíferas, é proposta com base em relações de contato e numa superfície peneplanizada pré-Pirambóia, com provável deposição entre o Triássico Médio e o Jurássico Inferior (LANDIM *et al.*, 1980).

Pela associação das litofácies SOARES (1973) admite uma deposição em sistemas fluviais, podendo apresentar, por vezes, influência eólica, sendo que, de acordo com BRIGHETTI (1994) haveria um domínio das condições eólicas em direção ao topo da unidade.

#### 4.2.4.2 Formação Botucatu (JK)

A Formação Botucatu constitui-se num pacote de arenitos avermelhados, finos a médios, com típicos grãos bem arredondados e foscos, friáveis ou silicificados. Localmente, podem ocorrer arenitos argilosos e níveis conglomeráticos.

A característica fundamental desta unidade é a presença constante de estratificação cruzada em grandes cunhas, representando paleodunas, indicando deposição eólica em ambiente desértico, sendo registrados, subordinadamente, sedimentos flúvio-torrenciais e lacustrinos.

O termo Botucatu foi introduzido por Campos (1889 apud SCHNEIDER *et al.*, 1974), ao descrever as exposições de arenito, que afloram na serra de Botucatu (SP).

Ocorre no Estado de São Paulo, acompanhando ou próximo à linha de cuestas, ou seja, junto ao degrau de relevo formado entre a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental Paulista, com espessuras variáveis, máxima de 150 m e média de 50 a 70 m. Na região de Rio Claro, as exposições situam-se na Serra de Santana e em morros testemunhos (noroeste da Folha Rio Claro; ANEXO 1).

Com base nas relações estratigráficas, é atribuída uma idade juro-cretácea (SCHNEIDER *et al.*, 1974) e admitida uma contemporaneidade entre o topo da Formação Botucatu e o vulcanismo básico, que é evidenciado por uma passagem transicional entre as duas unidades.

Seus registros paleontológicos se restringem a pegadas e pistas fósseis (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

#### 4.2.4.3 Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas (JK)

A Formação Serra Geral compreende a seqüência de rochas vulcânicas, predominantemente composta por lavas basálticas, de composição toleítica, de coloração cinza a preta, com amígdalas no topo dos derrames. Intercalações de delgadas camadas de arenitos "intertrapianos" (entre os derrames) são bastante comuns.

Termos vulcânicos intermediários e ácidos também ocorrem em menor proporção, litologias estas, mais conhecidas e cartografadas a partir dos trabalhos do Consórcio PAULIPETRO (CESP/IPT), no início dos anos 80.

Estão incorporadas aqui as rochas intrusivas associadas ao evento do vulcanismo da Bacia do Paraná, constituídas por diques e expressivas soleiras de diabásio.

O termo Formação Serra Geral foi utilizado, pela primeira vez, por White em 1908, ao descrever as exposições que ocorrem na Serra Geral em Santa Catarina (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

A extrusão das lavas foi dada por intenso vulcanismo de fissura, na primeira fase da Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967) ou Sul-Atlantiana (SCHOBENHAUS *et al.*, 1984).

A Formação Serra Geral tem seus afloramentos na faixa de cuevas, às quais se associa pela relação litologia/erosão/relevo, e também em algumas faixas ao longo dos principais rios. Sua espessura é bastante variável, mormente junto ao seu limite de ocorrência, podendo até estar ausente, em pleno Planalto Ocidental, como no alto estrutural de Piratininga, SP (SILVA *et al.*, 1990). Em Presidente Epitácio, no poço perfurado pela PETROBRÁS, foi registrada a maior espessura na bacia, ou seja, 1.529 m.

Na Folha Rio Claro estão presentes apenas *sills* e diques de diabásio, principalmente, na Serra de Santana, no Horto Florestal e nos leitos dos rios Corumbataí e Passa Cinco, com importância na caracterização do relevo, tanto sustentando feições mais elevadas, como atuando como nível de base na média Bacia do Rio Corumbataí (ANEXO 1). Tais corpos não são incluídos na Formação Serra Geral, embora sejam sincrônicos.

Através de datações radiométricas é atribuído o intervalo do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior à unidade aqui descrita (SCHNEIDER *et al.*, 1974).

#### **4.2.5 Grupo Bauru (K)**

O Grupo Bauru não ocorre na Folha Rio Claro, tendo sua faixa de afloramentos no Planalto Ocidental, ou seja, recobrindo os basaltos da Formação Serra Geral. Essa unidade aparece na região, representada apenas pela Formação Itaqueri, no alto da serra, ou seja, no reverso das cuevas arenito-basálticas, nas proximidades da localidade de Itaqueri da Serra (Folha Itirapina), situada a sudoeste da cidade de Ipeúna.

O posicionamento estratigráfico da Formação Itaqueri é matéria de controvérsia entre os estudiosos, sendo admitidas várias hipóteses, desde sua colocação na porção basal do Grupo Bauru; sua inclusão como uma litofácies da Formação Marília (unidade superior) ou correlatas a esta formação, de ocorrência restrita a algumas regiões; ou ainda, mais nova que o Grupo Bauru, sendo inferida idade terciária (CABRAL JR., 1991).

Para a presente dissertação adotar-se-ão as idéias de BARCELLOS *et al.* (1983) que, com base em evidências de sua associação com os elementos estruturais e sua relação com outras unidades sedimentares da Bacia Bauru, incluem a Formação Itaqueri no Grupo Bauru.

Litologicamente, é constituída por uma alternância de bancos de arenito, por vezes silicificados ou com crostas ferruginosas, lamitos e conglomerados. No alto das serras de São Pedro e Itaqueri, onde foram observadas as maiores espessuras (cerca de 125 m), ocorrem em forma de característicos morrotes, sustentados pelos níveis silicificados.

A faciologia da Formação Itaqueri indica, para a sua sedimentação, um sistema de leques aluviais, representando um ambiente de alta energia, sendo ainda sugeridas condições de um clima árido a semi-árido para a época de deposição.

As ocorrências fossilíferas desta unidade são reportadas por MEZZALIRA (1989), que descreve gastropódes, bivalves, ostracodes e conchostráceos, além de fragmentos vegetais, em jazigos situados na Serra de São Carlos.

#### **4.2.6 Depósitos Cenozóicos (TQ)**

De acordo com IPT (1981b), as coberturas sedimentares cenozóicas do Estado de São Paulo são pouco expressivas. ALMEIDA (1967) descreve este período como de progressiva atenuação dos efeitos da reativação da Plataforma Sul-Americana, iniciada no Eojurássico.

Os sedimentos cenozóicos no Estado de São Paulo têm distribuição generalizada, desde pequenas manchas isoladas, na forma de depósitos aluvionares, preenchendo os fundos de vales atuais, terraços, depósitos coluvionares e depósitos de reverso de escarpas, até ocorrências de maior expressão, concentradas na porção leste do Estado, como as bacias terciárias de São Paulo e Taubaté; a Formação Pariquera-Açu e outros depósitos associados às Planícies Costeiras (ou Litorâneas).

No centro-leste paulista também ocorrem significativas manchas de depósitos cenozóicos, ocupando vastas superfícies de relevo suave a aplainado. São ocorrências isoladas, isto é, sem continuidade física, sendo correlacionadas entre si e denominadas, de forma genérica, por diversos autores, Formação Rio Claro, a qual é objeto de nosso trabalho, na região de Rio Claro.

Os depósitos cenozóicos mais significativos que ocorrem na Depressão Periférica estão distribuídos, preferencialmente, em topos de interflúvios amplos e

aplainados, correspondendo, em termos de superfície de aplainamento, à "Superfície Neogênica" de De Martonne (PENTEADO,1976; IPT, 1981a).

SOARES & LANDIM (1976) associam estes depósitos a superfícies erosivas, ao soerguimento continental (a partir do Terciário Superior) e a bacias hidrográficas regionais, que estabeleceram o nível de base local, a partir de condicionantes litológicos ou estruturais. Estes autores estudaram a relação entre os diferentes depósitos, a sua posição espacial, o condicionamento tectônico e suas possíveis idades.

MELO & PONÇANO (1983) fazem uma síntese da evolução dos principais eventos geológicos do Cenozóico paulista, com base em diversos trabalhos (ALMEIDA, 1964, 1967 e 1976; HASUI *et al.*, 1978; HASUI & PONÇANO, 1978):

-- Paleoceno e Eoceno - fase erosiva = Superfície do Japi (correspondendo às superfícies de cimeira no Planalto Atlântico)

-- Oligoceno-Plioceno - fragmentação da Superfície do Japi, falhamentos que originaram as bacias de São Paulo e Taubaté (grábens e hemigrábens)

A partir do Plioceno, final do Terciário, toda a área continental em foco ficou sob o efeito de epirogênese positiva. Associados à mencionada tectônica imposta, iniciou-se a modelagem do relevo atual, através dos processos morfogenéticos, definindo-se então, por erosão diferencial, os principais compartimentos do relevo paulista. Ligados a esses processos de evolução do relevo estão os depósitos cenozóicos da Depressão Periférica Paulista (MELO & PONÇANO, 1983).

Mais recentemente, HASUI (1990) considera que na evolução cenozóica há que se considerar, primeiramente, o fim da Reativação Sul-Atlântica até o Mioceno e, a partir de então, a Neotectônica. A referida reativação envolveria regime distensivo, ao qual se vincula o delineamento dos grandes traços do relevo, enquanto a Neotectônica é marcada por regime transcorrente e afeiçoamento do relevo. POTTER (1994) também considera o Mioceno como marco importante, antes do qual se delineou o traçado dos grandes rios da América do Sul.

A elaboração da superfície erosiva denominada "Neogênica" de De Martonne tem datação e correlação controversas, porém, é tido como aceitável, situá-la entre o final do Plioceno e o início do Pleistoceno (Modenese,1974 apud MELO & PONÇANO, 1983).

A grande dificuldade para correlação e datação, principalmente dos depósitos cenozóicos do interior paulista, é a inexistência ou a impossibilidade de datações radiométricas ou palinológicas, além do raro e não elucidativo registro fóssilífero.

### 4.3 CONTEXTO ESTRUTURAL E TECTÔNICO

O arcabouço estrutural da Bacia do Paraná e sua evolução refletem grandes estruturas do seu embasamento. A partir destes grandes traços, que representam linhas de fraqueza, são condicionadas as respostas às atividades tectônicas impostas, tanto na geração e favorecimento de falhamentos, como também na sedimentação (Fig. 2).

O conhecimento do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná evoluiu a partir de extensas campanhas de investigação indireta, ou seja, métodos geofísicos. O levantamento aeromagnético nos estados de São Paulo e Paraná, mais especificamente, na região do Arco de Ponta Grossa, detectou grandes alinhamentos estruturais-magnéticos, dispostos em feixes com larguras entre 20 e 100 km e se estendendo desde a faixa pré-cambriana à Bacia do Paraná, pelo menos, até o Rio Paraná, com direção NW (FERREIRA, 1982).

O levantamento gravimétrico do Estado de São Paulo permite delinear as grandes discontinuidades do embasamento da Bacia do Paraná e sua aferição com a informação geológica mostra a influência que elas tiveram na evolução bacinal (HASUI *et al.*, 1989).

Os principais lineamentos estruturais, arcos e flexuras da evolução paleozóica que tiveram grande influência na configuração da geometria da Bacia do Paraná, nas suas áreas de deposição/erosão, mediante atividades tectônicas e magmáticas (vulcanismo básico e alcalino), são vistos na Figura 2, com destaque, no Estado de São Paulo, para a influência do Arco de Ponta Grossa.

As orientações preferenciais destes traços regionais são NW-SE, NE-SW e E-W (Fig. 2), sendo as duas primeiras, mais importantes. Elas podem representar falhas simples ou extensas zonas de falhas, correspondendo a antigas zonas de fraqueza, que foram recorrentemente ativadas durante a evolução da bacia (ZALÁN *et al.*, 1987; HASUI *et al.*, 1989).

No Mesozóico-Paleogeno deu-se a Reativação Sul-Atlântica, com sedimentação, vulcanismo basáltico e intrusões básicas ("sills" e diques) e alcalinas (p. ex., Jabuticabal). Essas manifestações também parecem ter envolvido reativação de zonas de fraqueza pretéritas (HASUI *et al.*, 1989).

Ao Neogeno-Quaternário têm sido atribuídas as manifestações neotectônicas, com falhamentos, eminentemente, transcorrentes (HASUI, 1990; FACINCANI *et al.*, 1994).

## CAPÍTULO 5

### APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

#### 5.1 GEOLOGIA DA FORMAÇÃO RIO CLARO

##### 5.1.1 Área de ocorrência e distribuição

A Formação Rio Claro, aqui descrita e conforme definida em sua área-tipo, tem sua ocorrência praticamente restrita à Folha Rio Claro 1:50.000, capeando os grandes divisores de águas, aplainados, entre os rios: Ribeirão Claro, Corumbataí, Cabeça, Passa Cinco e Ribeirão Vermelho (BRASIL/DNPM, 1979).

Esta área de ocorrência se estende, com um eixo maior de direção NE-SW, por cerca de 30 km, balizado a nordeste pelo Ribeirão Claro, junto ao Distrito de Ajapi, e a sudoeste pelo Ribeirão Vermelho, ou seja, no extremo sudoeste da Folha Rio Claro.

A largura desta faixa de exposição é de, aproximadamente 10 km, com os limites estabelecidos pelo Ribeirão Claro a sudeste, limite este extrapolado por manchas de litotipos e solos arenosos, situadas no Horto Florestal, admitidas como pertencentes à unidade estudada. A noroeste é limitada, grosseiramente, pela ocorrência da Formação Pirambóia e por um relevo mais acidentado, característico daquela unidade.

Geologicamente, sua ocorrência a sul é limitada pela estrutura do domo de Pitanga.

Estes limites referidos representam uma envoltória externa das várias manchas da Formação Rio Claro, preservadas da erosão que modelou os vales e o relevo atual (ANEXO 1).

A espessura máxima registrada é da ordem de 30 m e a unidade capeia os principais interflúvios, formando extensos tabuleiros. Em dados de sondagens realizadas em indústrias do Distrito Industrial para monitoramento do lençol freático, verificou-se espessuras da ordem de 25 a 30 m, com o nível de água subterrânea, estando sempre na base da Formação Rio Claro, ou seja, no contato com a Formação Corumbataí. Em poços situados próximos entre si, num raio de 100 m, pode-se notar algumas irregularidades do contato basal da Formação Rio Claro, assim como diferentes vazões para poços vizinhos.

COTTAS (1983), através de investigações geofísicas, registrou no Distrito Industrial, espessura de 39 m, do que denominou coberturas inconsolidadas, que corresponderiam à Formação Rio Claro.

Topograficamente, a unidade se posiciona entre as cotas de 650 a 670 m, nos arredores de Ipeúna e de Ajapi, até as cotas mais baixas, por volta de 580 m, próximo à confluência do Rio Corumbataí e Ribeirão Claro. PENTEADO-ORELLANA (1981) descreve a superfície aplainada do interflúvio Ribeirão Claro - Corumbataí, com um caimento de 1° de norte para sul, ou seja, de Ajapi para Rio Claro.

Dentro destes limites externos descritos, a Formação Rio Claro ocorre em forma de manchas nos topos dos divisores de águas, estando as maiores onde se assenta a cidade de Rio Claro e o Distrito de Ajapi, a área rural do Campo do Cocho (divisor Corumbataí - Cabeça) e junto à cidade de Ipeúna. Ocorrências menores aparecem entre afluentes do Rio Corumbataí, como no Posto Caçador, na estrada de Jacutinga e próximo ao Ribeirão Batalha (ANEXO 1).

A extensão desta unidade, extrapolando os limites da área estudada, tanto para sul, como para leste e nordeste, tem sido proposta e, inclusive, cartografada por diversos autores, a partir de ANDRADE & SOARES (1971), com a designação de depósitos correlatos à Formação Rio Claro, o que foi questionado pelo IPT (1981b). Tal discussão extrapola os nossos objetivos e será abordada em profundidade na tese de Doutorado de M. S. Melo, em fase de elaboração.

### **5.1.2 Relações de contato**

A Formação Rio Claro, na área estudada, assenta-se em discordância sobre rochas mais antigas que são, predominantemente, siltitos e argilitos da Formação Corumbataí (ANEXO 1). O contato com a Formação Corumbataí pode ser observado em vários pontos estudados e sempre marcado pela presença de um nível conglomerático, às vezes, precedido de um paleossolo desta unidade permiana (Fotos 1 a 4).

Algumas irregularidades de caráter localizado foram observadas na Mineração Mandu no Distrito de Ajapi, na voçoroca do Residencial Florença e nos cortes da ferrovia no Jardim Paulista (ANEXO 1), neste caso, já observado por FULFARO & SUGUIO (1968). O levantamento de um perfil na ferrovia, entre o Jardim Paulista e o Ribeirão Claro mostrou um mergulho aparente para NW, com um caimento da ordem de 20 m em 4 km, conforme é mostrado no perfil geológico A - B da Figura 3.

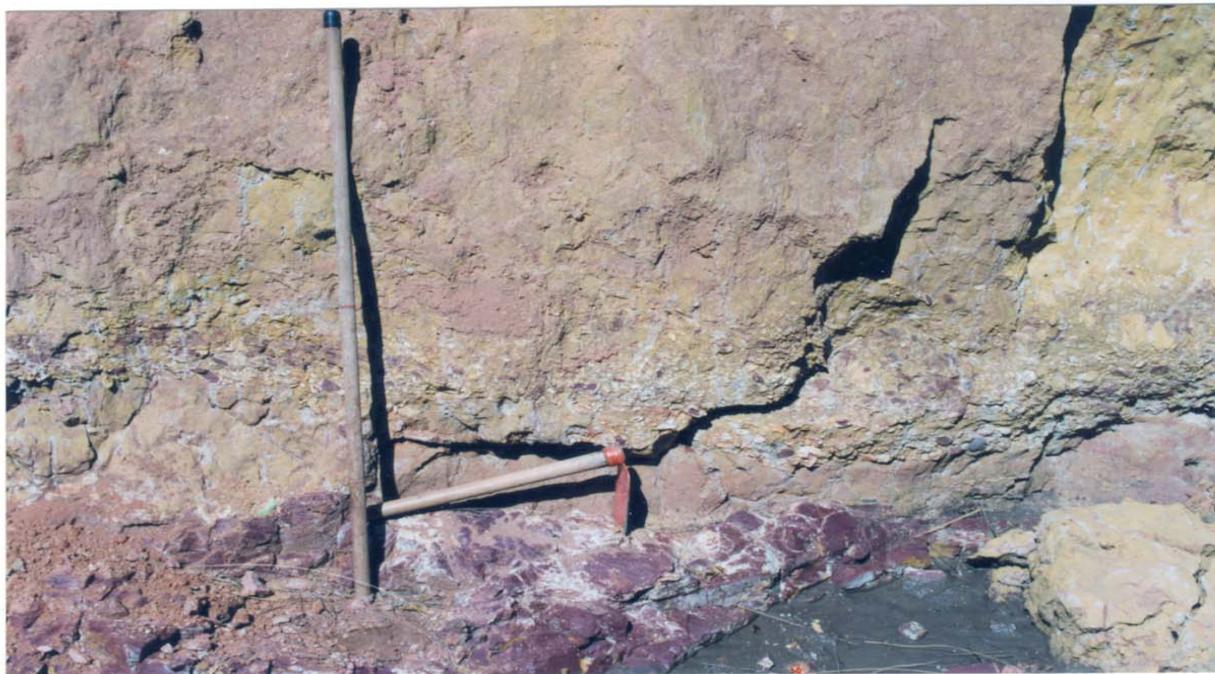


Foto 1 - Contato da Formação Rio Claro com a Formação Corumbataí; nível conglomerático junto à base e camada de arenito argiloso, maciço, característico da porção basal da unidade. Jardim Paulista/Ferrovia.



Foto 2 - Detalhe do conglomerado da foto anterior, com seixos de quartzo e domínio de clastos de siltitos arroxeados da Formação Corumbataí.

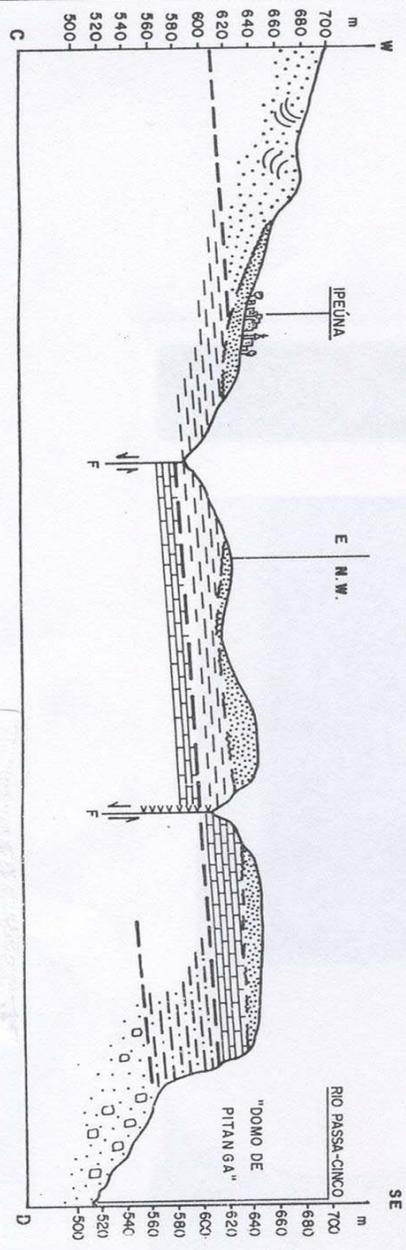
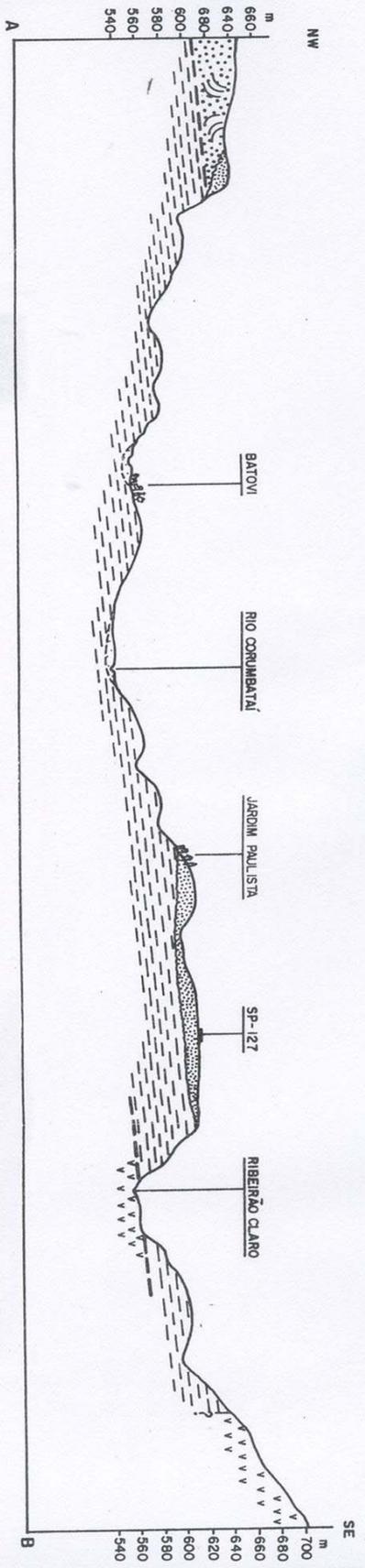


**Foto 3 - Contato da Formação Rio Claro com a Formação Corumbataí, em forma de um canal, com presença marcante de lamitos com seixos esparsos (fluxo de lama). Rodovia SP-191, cerca de 2 km de Ipeúna.**



**Foto 4 - Contato da Formação Rio Claro com a Formação Pirambóia, com fácies conglomeráticas (leques); ocorrência da Formação Corumbataí na porção inferior do corte da Ferrovia. Junto à SP-191, local denominado "afloramento das três Eras".**

Figura 3 - PERFIS GEOLÓGICOS



LEGENDA

- Unidades Lioestratigráficas
- Depósitos Aluvionares (AQ)
- Formação Rio Claro (TQrc)
- Intrusivos Básicos (JK)
- Formação Pirambóia (T p)
- Formação Corumbataí (PC)
- Formação Itati (PI)
- Formação Tatui (P+)
- Grupo Itararé (CPI)
- Convergências - Contato
- Contato erosivo
- Contato inferido
- Falha Normal



A Formação Rio Claro assenta-se sobre a Formação Pirambóia em cotas mais elevadas, ou seja, de 650 a 670 m, junto a seu limite noroeste, desde Ajapi até Ipeúna, conforme pode ser observado em alguns afloramentos (Foto 4). Este contato torna-se de difícil reconhecimento quando não existem cortes, pois o solo arenoso e pequenos afloramentos intemperizados de ambas as unidades têm grande semelhança, sendo que a diferenciação é possível pela presença de minerais pesados e fragmentos de sílex oriundos das rochas basálticas, que seriam pertencentes à Formação Rio Claro, ou ainda, por elementos de relevo observados na fotointerpretação.

No limite leste, próximo ao Campus da UNESP e Horto Florestal, esta unidade cenozóica recobre, em alguns pontos, corpos de diabásio que ali ocorrem penetrados na Formação Corumbataí. A influência destas rochas básicas pode ser observada no solo de alteração da Formação Rio Claro, que apresenta uma coloração mais escura (latossolo vermelho-escuro) e, também pela presença mais marcante de lateritas ferruginosas na base do solo coluvionar.

Na área do domo de Pitanga, a Formação Rio Claro chega a assentar-se diretamente sobre a Formação Irati (P), em local de difícil observação, sem afloramentos, cartografado com base na cobertura de solo arenoso e na continuidade física da Formação Rio Claro, observada em cortes da SP-191, entre Ipeúna e o Rio Passa Cinco.

O fato da Formação Rio Claro se sobrepor e recobrir três unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná é atribuído ao caimento da superfície basal da unidade, que atinge cotas de até 670 m próximo de Ipeúna e de Ajapi, descendo até 580 m no sudeste da Folha, fato este que deve estar aliado ao mergulho regional das camadas da Bacia do Paraná e às perturbações tectônicas da área, destacando-se o alteamento da Formação Irati no domo de Pitanga.

Alguns colúvios e depósitos de terraços mais recentes podem ser observados recobrendo a Formação Rio Claro, principalmente, nas médias e baixas encostas, nos vales das drenagens principais. Merecem destaque alguns destes depósitos, que são caracterizados por areias de retrabalhamento da Formação Rio Claro, com a presença marcante de camadas de turfa associadas, indicativas de oscilações climáticas, isto é, típicas de clima temperado. Estas ocorrências de turfa foram mapeadas na Mineração Mandu (Ajapi), a jusante da voçoroca da Mãe Preta, próximo à Vila Industrial, na Vila Nova e também no córrego do sítio Ipê no Campo do Cocho (ANEXO 1; Foto 5).

Na área estudada é também comum o registro de lateritas ferruginosas, em diferentes situações e posições. A Foto 6 mostra uma expressiva ocorrência de tais couraças, sobre arenitos da Formação Pirambóia, na Fazenda Santana do Urucaia (ANEXO 1).



**Foto 5 - Camadas de turfa associadas a terraços da baixa encosta. Baixada do córrego da Vila Nova/Jardim Bandeirantes.**



**Foto 6 - Couraça de laterita ferruginosa, em antiga extração para lastro de estradas. Fazenda Santana do Urucaia.**

### 5.1.3 Feições morfológicas

Para melhor definição da Formação Rio Claro serão descritas aqui algumas feições de relevo e de solo, que ajudam na sua identificação e individualização, constituindo-se em algumas das características marcantes da unidade, às quais se associa um solo predominantemente arenoso, espesso, num relevo de colinas amplas a tabuliformes e com baixa densidade de drenagem (Foto 7).

Dentro deste contexto morfológico/pedológico, uma feição conspícua é a presença de lagoas, formadas em depressões suaves, às vezes fechadas ou ligadas pela superfície à rede de drenagem, neste caso representando uma cabeceira ou nascente de um curso d'água. Apresenta formatos circular e ovalado, com tamanhos variando de 100 a 500 m no seu eixo maior. São denominadas pela população local de "lagoas secas", isto é, intermitentes, com seu nível d'água oscilando nas estações secas e chuvosas, algumas chegando mesmo a secar em estiagens mais prolongadas. A Foto 8 mostra uma, dentre as quinze lagoas registradas na área de estudo, localizada próximo ao Distrito de Ajapi, correspondendo à cabeceira do Córrego Cachoeirinha.

BJÖRNBERG *et al.* (1964 a, b) ligam a origem destas lagoas a remanescentes da sedimentação da Formação Rio Claro, representando meandros abandonados, integrantes do sistema fluvial responsável pela gênese da unidade. Os autores também se baseiam no fato de que plantas aquáticas das lagoas atuais são semelhantes aos vegetais fósseis descritos na Formação Rio Claro.

FRANÇOSO *et al.* (1974), estudando depressões doliniformes (com lagoas) no platô de Itapetininga, relacionam sua gênese ao rebaixamento do nível de base local, decorrente do entalhamento da rede de drenagem atual, associado à solubilização e à lixiviação de sedimentos carbonáticos (Formação Irati) ou de rochas intrusivas básicas. Também concluem que as lagoas representam o primeiro indício da instalação da rede de drenagem atual e que o alinhamento das mesmas seguiria direções estruturais, preferenciais, NE-SW e secundárias (ortogonais), NW-SE.

PENTEADO-ORELLANA (1981) explica a existência de lagoas na região de Rio Claro como "paleocabeceiras" de drenagem, colocadas numa posição topográfica mais elevada que as atuais, representando então, épocas mais úmidas de um passado não muito distante. A mesma autora (informação verbal) considera haver comunicação entre duas lagoas pelo lençol d'água subterrâneo, o que pôde ser verificado através de descarga de produtos tóxicos em uma lagoa, causando mortandade de peixes



**Foto 7 - Vista panorâmica, de NW para SE, mostrando o vale do Rio Corumbataí, a superfície aplainada onde está a cidade de Rio Claro e, ao fundo, elevações de maior destaque no relevo (diabásio do Horto Florestal e Santa Gertrudes).**



**Foto 8 - Vista geral da Lagoa São Miguel, próximo a Ajapi, que se constitui na cabeceira do Córrego Cachoeirinha.**

em outra próxima. O mapa de impactos ambientais do Plano Diretor do Município de Rio Claro, mostra esta intercomunicação entre as lagoas, marcando as fontes poluidoras (RIO CLARO, 1992).

Ao estudar o potencial econômico das argilas de lagoas, MOTTA (1991) apresenta um quadro de ocorrência generalizada de lagoas no Estado de São Paulo, ligando a presença delas ao compartimento de relevo de colinas amplas (IPT, 1981a) e estando sobre as mais diferentes unidades litoestratigráficas.

No presente trabalho, prefere-se explicar a formação destas lagoas a partir da evolução morfogenética, que aliou a existência de uma superfície aplainada (superfície neogênica de De Martone), um substrato de alta porosidade, isto é, com grande infiltração e circulação de águas atmosféricas no solo e subsolo, além de condicionantes estruturais, que determinaram áreas de maior infiltração e percolação em subsuperfície originando, então, estas depressões fechadas. A tectônica teria definido as direções preferenciais, que orientaram e alinharam algumas lagoas entre si e com outros elementos de drenagem e relevo.

Seguindo o processo, nesta mesma hipótese, teria ocorrido a sedimentação e colmatação do fundo das lagoas, levando o sistema ao equilíbrio. No caso da ligação superficial das lagoas com a rede de drenagem, estas passariam a constituir lagoas de cabeceiras, como é o caso da lagoa de Ajapi, nascente do Córrego Cachoeirinha.

Outra feição marcante na Formação Rio Claro é a existência de dezenas de voçorocas, localizadas, preferencialmente, nas vertentes da orla urbana, deflagradas pela ação antrópica. Estas cicatrizes causadas pela erosão acelerada são a resposta do meio físico à ocupação mal planejada, em terrenos compostos por sedimentos de pequena coesão e grande permeabilidade, aliados ao solo areno-argiloso profundo e às formas das vertentes. A combinação destes fatores leva a se classificar a unidade estudada como de alta suscetibilidade à erosão.

#### **5.1.4 Litologia**

Para melhor entendimento das relações espaciais dos litotipos e fácies da Formação Rio Claro, foram descritos afloramentos, inclusive com levantamento de algumas seções colunares (Figs. 4 a 8; Fotos 9 a 12), buscando, para tanto, as melhores exposições da unidade em cortes de rodovias, da ferrovia e nas voçorocas.

A seção levantada na rodovia Washington Luiz (Fig. 4) já havia sido descrita por BJÖRNBERG *et al.* (1964) e suas exposições encontram-se bastante mascaradas. A

seqüência descrita é, predominantemente, arenosa, com alternância de níveis conglomeráticos de até 0,30 m e níveis argilosos de 0,05 a 0,15 m, constituindo vários ciclos de sedimentação, em média, de 0,50 a 1 m de espessura.

A Figura 5 mostra os litotipos que afloram na voçoroca da Mãe Preta (denominação derivada da antiga Cervejaria Mãe Preta, nas proximidades), em uma seqüência também arenosa com a presença de níveis argilosos intercalados, dentre estes, uma camada de argilito com 0,45 m de espessura, contendo restos vegetais (Fotos 9, 13 e 14).

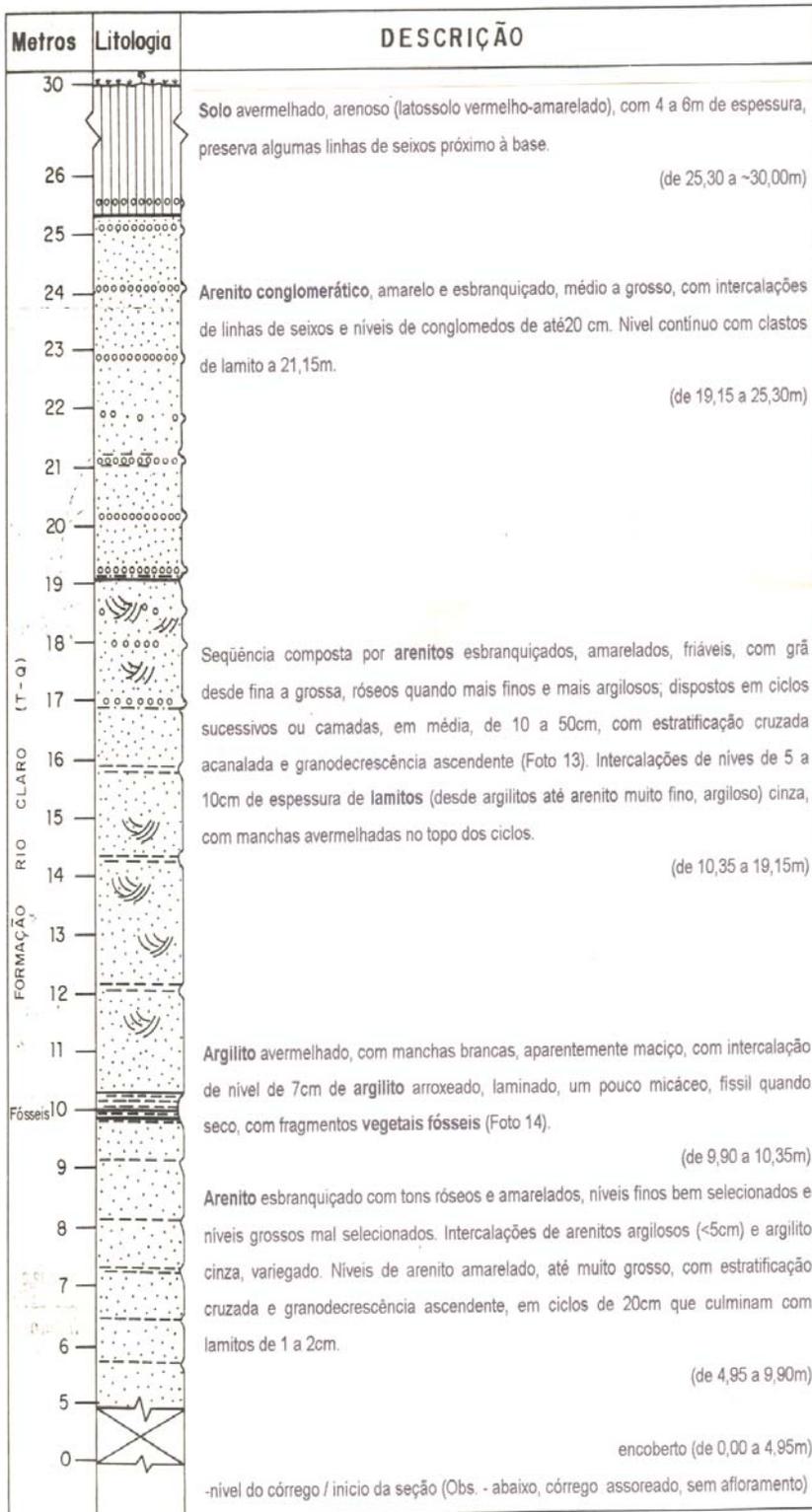
A maior exposição da unidade encontra-se numa antiga voçoroca que, atualmente, é objeto de extração de areia industrial, por parte da Mineração Mandu, em Ajapi (Fig. 6; Fotos 10, 15 e 16). No local foram descritas falhas, bem definidas nos pelitos laminados e também foram observadas descontinuidades, interpretadas como falhas, em arenitos conglomeráticos. Outra observação é quanto à existência de irregularidades no substrato da Formação Rio Claro, como um pequeno alto da Formação Corumbataí, conforme perfil esquemático mostrado na Figura 6.

Em outra voçoroca, na região nordeste da cidade, no Condomínio Residencial Florença (Fig. 7), a exposição compreende um pacote arenoso (até 8 m) com intercalações argilosas e com solo bastante desenvolvido (Foto 11). Neste caso, pode-se observar que a alteração pedogenética é mais intensa nos níveis arenosos, preservando um nível de siltito em meio ao solo.

Na Figura 8 está representada a seção descrita por BJÖRNBERG *et al.* (1964 a, b), localizada numa voçoroca ao lado da AGROCERES, na rodovia SP-127. As observações atuais ficam bastante reduzidas, pois, além da quase total cobertura vegetal, os barrancos apresentam uma cobertura de material remobilizado na procura do perfil de equilíbrio. A Foto 12 mostra o panorama atual da voçoroca vegetada e as fotos 17 e 18, a situação da mesma, em 1973.

Agrupando-se as informações, pode-se considerar que, de modo geral, os sedimentos da Formação Rio Claro são, predominantemente arenosos, esbranquiçados, amarelados e róseos, mal consolidados, com solo (latossolo areno-argiloso) bastante desenvolvido (8 a 12 m de espessura) nos altos (topo dos interflúvios). São comuns as intercalações de lentes argilosas e também de níveis conglomeráticos.

O desenvolvimento de um solo profundo pode ser atribuído ao fato de os depósitos da Formação Rio Claro serem arenosos e de fraca litificação, favorecendo processos pedogenéticos avançados e, obviamente, com grande influência climática nesta evolução .



### SEÇÃO COLUNAR FORMAÇÃO RIO CLARO

Figura 5

LOCALIZAÇÃO: VOÇOROCA DA MÃE PRETA



Foto 9 - Vista geral da voçoroca, com destaque para os arenitos esbranquiçados e acima, o capeamento de solo.

José Eduardo Zaine

Metros	Litologia	DESCRIÇÃO
22		
21		
20		
19		<b>Solo</b> - "latossolo vermelho-amarelado", com espessuras de 4m na meia encosta, até 8 a 10m na parte mais alta. Preserva linhas de seixos e a sua base, ou o limite dos horizontes "B" e "C", é bem marcado por um nível argiloso no topo do "C". (de 18,50 a 22,50m)
18		
17		
16		
15		<b>Arenito</b> , esbranquiçado, amarelado e róseo, com níveis conglomeráticos de até 20cm (seixos de quartzo e pelotas de argila centimétricos, seixos limonitizados), com grã passando até areia fina a muito fina e com alternância de níveis argilosos arroxeados e avermelhados. Estratificação cruzada acanalada de médio porte (Foto 15). (de 10,10 a 18,50m)
14		
13		
12		
11		
10		<b>Argilito</b> arroxeadado a azulado e avermelhado (na base e no topo, quando mais oxidado), com níveis cinza finamente laminados. <b>Vegetais fósseis</b> mal preservados no nível avermelhado do topo e nos "níveis cinza". Falhas de pequeno rejeito, sendo uma inversa. Na base, lamito arenoso, até grânulos, esparsos. Este nível tem 90 cm de espessura máxima, passando, lateralmente, a conter lentes de arenito que, por sua vez, aumentam de porte passando a bancos arenosos de até 1,5 m (Foto 16). (de 9,0 a 10,10m)
9		
8		<b>Arenito</b> esbranquiçado, amarelado e róseo, semelhante ao pacote superior, com intercalações siltito-argilosas e lentes conglomeráticas com até 50 cm de espessura. (de 5,95 a 9,00m)
7		
6		<b>Argilito</b> arroxeadado e avermelhado, com 20 a 30 cm de espessura e restos de <b>vegetais fósseis</b> . (de 5,70 a 5,95m)
5		
4		<b>Arenito</b> amarelado, esbranquiçado e róseo, predominantemente muito grosso a conglomerático, com muita estratificação cruzada e canais entrecortados, granodrecrescência ascendente. Foram observadas algumas falhas cortando os arenitos e conglomerados. (de 1,00 a 5,70m)
3		
2		
1		<b>Arenito "argiloso"</b> , róseo e amarelado, grã média a muito fina, com abundância de matriz argilosa e níveis mais argilosos. (de 0,00 a 1,00m)
0		
		<b>-encoberto</b> <b>Siltitos</b> amarelados e arroxeados - Fm. Corumbataí (no leito do córrego)

SEÇÃO COLUNAR FORMAÇÃO RIO CLARO

LOCALIZAÇÃO: MINERAÇÃO MANDU - AJAPI

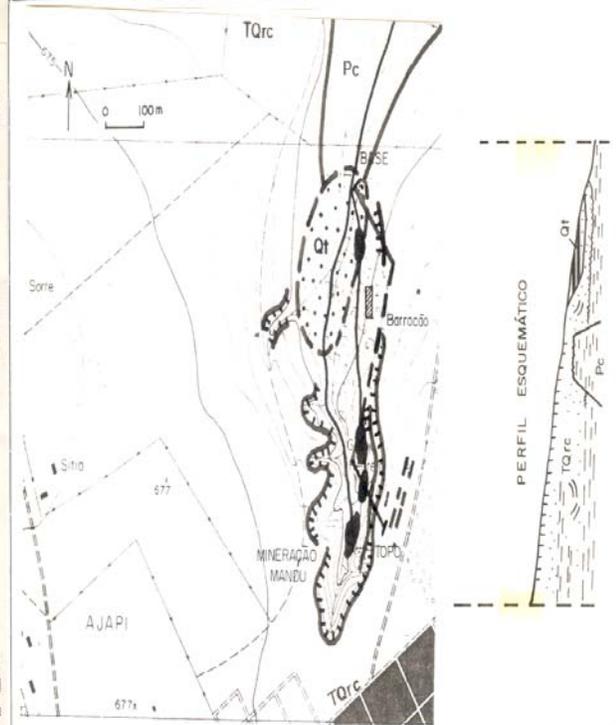


Foto 10 - Vista geral da cava da Mineração Mandu, notar a presença de níveis pelíticos em meio à seqüência arenosa.

José Eduardo Zaine



Foto 13 - Arenitos com estratificação cruzada acanalada, corresponde ao nível de 13 m da Fig. 5. Voçoroca da Mãe Preta.

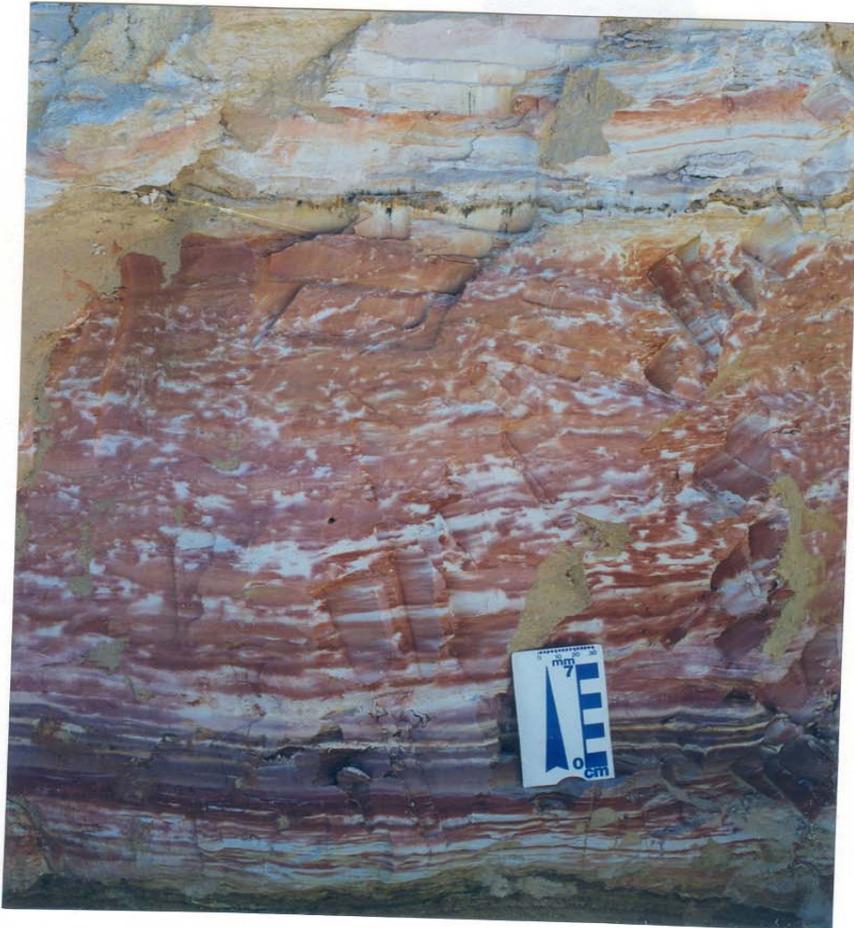


Foto 14 - Argilito avermelhado, manchado, com nível arroxeadado, laminado, fossilífero; acima, arenito esbranquiçado. Nível de 9,90 a 10,35 m na coluna. Fig.5. Voçoroca da Mãe Preta.



Foto 15 - Arenitos com estratificação cruzada acanalada, conglomeráticos na base ( fácies de leques) - nível de 11 a 12 m da seção colunar da Mineração Mandu (Fig. 6).

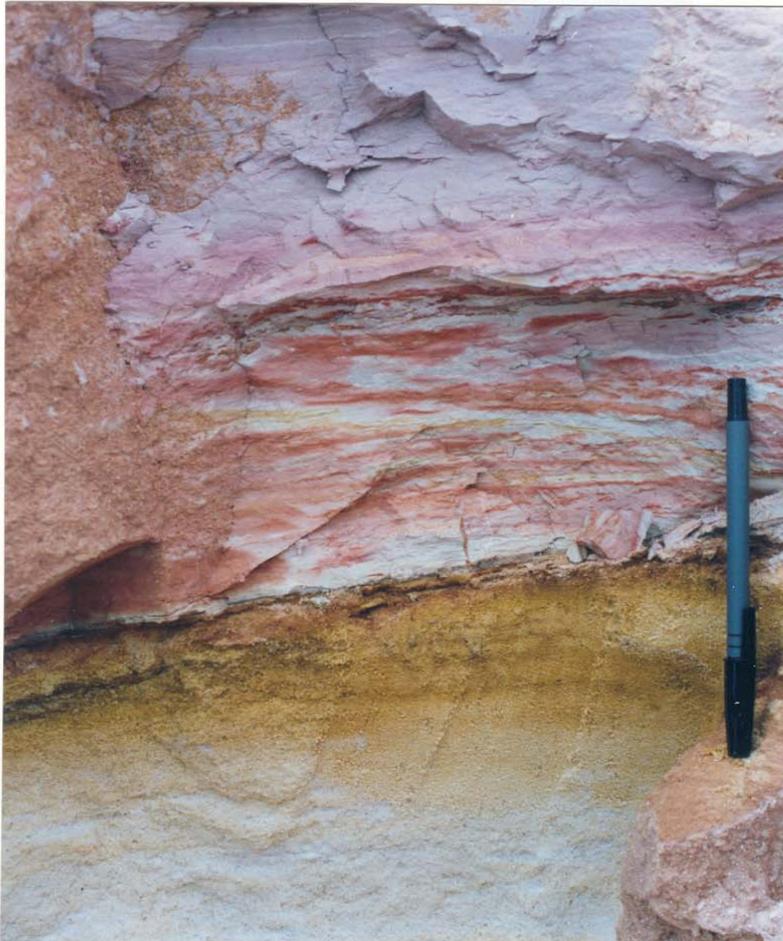


Foto 16 - Argilito arroxeadado e avermelhado em contato com arenito esbranquiçado, mais amarelado próximo ao contato, pela oxidação de minerais de ferro nesta interfície. Nível de 9,0 m na seção colunar da Mineração Mandu (Fig. 6).



Foto 17 - Reprodução de foto da voçoroca da Agroceres, tirada em 1973 (na graduação), mostrando, numa vista para jusante, os taludes e os sedimentos de fundo.



Foto 18 - Mesmo local da foto anterior, de 1973, numa vista para montante, mostrando, em barranco íngreme e instável, algumas feições dos sedimentos da Formação Rio Claro.

Numa rápida descrição de um perfil geral, a partir de um latossolo espesso, pode ser visualizado o limite solo-rocha, ou o limite entre os horizontes "B" e "C", com o registro de níveis argilosos, que chegam a ser preservados mesmo em meio ao solo, na forma de camadas ou de horizontes contínuos contendo fragmentos dos níveis lamíticos, neste caso e na evolução pedogenética, mais resistentes ao intemperismo (Foto 19). Tal limite, chamado, informalmente, "solo/rocha" também é freqüentemente marcado em situações de meia encosta, por linhas de seixos ou cascalheiras e lateritas ferruginosas associadas, caracterizando, assim, um solo "alóctone", ou seja, solo coluvionar (Foto 20).

Esta linha de seixos é utilizada no trabalho de mapeamento da CPRM (BRASIL.DNPM, 1979), a partir de informações dos trabalhos de BJÖRNBERG & LANDIM (1966) e SOARES & LANDIM (1976), como marcador de uma subdivisão proposta para a unidade, admitindo-se existirem duas seqüências: uma superior, formada por depósitos coluviais e uma inferior, representando depósitos aluviais.

Dentro de um quadro de evolução do relevo, PENTEADO (1976) agrupa alguns depósitos rudáceos, segundo sua posição topográfica e os classifica como um paleopavimento detrítico de quartzo e canga, que acompanha as vertentes.

A porção basal da Formação Rio Claro é sempre marcada por um nível conglomerático, passando para arenito argiloso a conglomerático. Quando assentada sobre a Formação Pirambóia, os conglomerados são mais proeminentes, como é o caso do afloramento da ferrovia, junto à rodovia SP-191 (Foto 4). O contato com a Formação Corumbataí é marcado, além dos seixos de quartzo, por fragmentos de silito, de argilito e por sílex.

Na base da Formação Rio Claro, além dos ruditos, sempre ocorrem arenitos argilosos, de coloração amarelada, avermelhada e arroxeadada, ou com manchas por "gleisação", com seixos de quartzo esparsos ou em linhas, maciços ou com acamamento tênue (Foto 1).

Níveis conglomeráticos de 0,10 a 0,30 m de espessura podem ocorrer por toda a coluna, compostos por seixos de quartzo de 0,01 a 0,03 m (moda), clastos de lamitos e, comumente, crostas ferruginosas associadas.

Os litotipos mais freqüentes da unidade são arenitos de cores variadas, esbranquiçados, amarelados, avermelhados e arroxeados, de granulometria predominantemente fina a média, variando para frações grossas a conglomeráticas, com níveis bem selecionados, friáveis (Foto 21). Ocorrem também na forma de bancos de até 5 m, com predomínio de granulometria grossa, geralmente com estruturas como estratificação cruzada planar e acanalada, com níveis conglomeráticos na base. Os arenitos também podem constituir camadas decimétricas a métricas, com granulometria



Foto 19 - Níveis lamíticos preservados parcialmente em meio ao solo, mais resistentes à alteração pedogenética que os níveis arenosos. Voçoroca da Vila Nova/Jardim Bandeirantes.



Foto 20 - Linha de seixos e cangas lateríticas, característicos do limite solo-"rocha", no caso, sobre horizontes siltico-argilosos da Formação Rio Claro. Corte da ferrovia no Jardim Paulista.

fina a média, estratificação cruzada e granodecrescência ascendente, alternadas com níveis pelíticos (argilitos e siltitos), arroxeados, avermelhados, marrons, amarelados a pardacentos, maciços a finamente laminados, com espessura média de 0,10 a 0,30 m, podendo ocorrer camadas de 1 m a mais de 3 m (Foto 22). Evidências de diastrofismo são mais visíveis nestes últimos litotipos, além do registro de fósseis vegetais.

Lateralmente, podem ser demarcados alguns setores com a presença mais evidente de lamitos, conforme observado em antigas cavas de extração de argila (tanto da Formação Rio Claro, como da Formação Corumbataí), junto ao Bairro Wenzel, e em voçorocas na Vila Nova/Jardim Bandeirantes, ambas posicionadas na porção inferior da unidade e sem grande extensão, pois não ocorrem com tais espessuras nas seções levantadas próximas (Rod. Washington Luiz; Bairro Mãe Preta - Figs. 4 e 5).

Os níveis pelíticos constituem a porção superior de pequenos ciclos de deposição, gradando a partir da porção arenosa. Quanto a sua distribuição espacial vertical dentro da unidade, ocorrem, preferencialmente, em uma porção intermediária, compondo, juntamente com os arenitos, uma seqüência cíclica de areia-argila, com espessuras de 0,30 m até pouco mais de 1 m.

Em corte na rodovia SP-191, 2 km a nordeste de Ipeúna, aflora uma seqüência bastante pelítica da Formação Rio Claro, e com evidências da associação com a área-fonte, no caso a Formação Corumbataí, conforme atestado pela presença de seixos de sílex desta unidade na Formação Rio Claro.

Por vezes, podem ser observadas crostas ferruginosas, junto aos níveis argilosos, evidenciando processos de laterização, principalmente, na interface areia-argila, além de concreções, que conferem um aspecto de "acebolamento" aos lamitos com cimentação ferruginosa, por remobilização e concentração do ferro (Foto 22).

Nos arenitos pode ser notada, a presença de variadas concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro, pelos tons coloridos, principalmente amarelados, róseos e arroxeados (Foto 21). Algumas destas camadas arenosas têm alta pureza, com teores médios de sílica da ordem de 99,5% "in natura". Este dado despertou o interesse econômico, sendo estas camadas de areia mais pura, objeto de exploração pela Mineração Mandu, em lavra localizada no Distrito de Ajapi, areia esta utilizada como matéria-prima para indústria de vidro e também para moldes de fundição (GOMES, 1987b).



Foto 21 - Arenito de cores bastante variadas, com finas crostas ferruginosas irregulares; no alto argilitos. Voçoroca da Vila Nova.



Foto 22 - Camada de argilito característico da Formação Rio Claro, com crosta de laterita ferruginosa fraturada (no padrão do afloramento), na interface com o banco arenoso subjacente. Voçoroca da Vila Nova.

### 5.1.5 Ambiente de sedimentação

O ambiente deposicional da Formação Rio Claro foi discutido em vários trabalhos anteriores, tendo sido propostas, basicamente, duas hipóteses. A primeira, postulada por BJÖRNBERG & LANDIM (1966), admite a elaboração de pedimentos a partir de depósitos torrenciais e desorganizados, em condições semi-áridas, a qual é também compartilhada por PENTEADO (1976).

A outra hipótese, assumida por FULFARO & SUGUIO (1968), destaca a influência da tectônica no quadro de evolução da sedimentação, relacionado ainda com a rede de drenagem atual que teria sofrido mudanças no seu traçado e com barreiras tectônicas que teriam sido responsáveis pela acumulação de sedimentos em bacias. Os autores concluem pela sedimentação em ambiente fluvial, constituindo-se um paleocanal, condicionado, tectonicamente, entre a escarpa da Serra Geral e um falhamento que soergueu a seqüência da margem esquerda do Ribeirão Claro. A influência climática é descartada, pelo fato de não existirem registros de estádios climáticos semi-áridos de permanência geológica significativa durante o Cenozóico.

SOARES & LANDIM (1976) com base nos litotipos e estruturas sedimentares, atribuem um ambiente fluvial de rios meandrantés.

A observação da faciologia, através das seções colunares e afloramentos descritos, permitiu a montagem de um quadro paleoambiental pela associação litofácies/processo.

As fácies mais grossas, ou conglomeráticas, com abundante estratificação cruzada acanalada, com acumulação de seixos na base e granodecrescência ascendente, que ocorrem, preferencialmente, na porção basal da unidade e com recorrência na coluna e, espacialmente, em áreas mais proximais, representam leques aluviais, ou seja, correspondem a condições de maior energia de transporte (Fotos 4 e 15).

Na base da Formação Rio Claro, a presença constante de um banco de arenito argiloso com seixos e grânulos esparsos, sem estruturas, ou seja, um material sem organização por seleção ou estratificação, pode ser atribuído a um fluxo de massa ou à influência do solo argiloso da Formação Corumbataí como fonte de lama, alterando o meio deposicional aquoso e aumentando o poder de transporte (meio mais viscoso).

Uma terceira associação faciológica discreta é dada pela alternância de camadas arenosas e argilosas, representativa de uma certa organização do sistema fluvial, com canais rasos e espalhados, sem poder de aprofundamento de seu leito (calha) e as correspondentes planícies de inundação.

Dentro do contexto deposicional em um sistema fluvial, os bancos argilosos mais expressivos poderiam representar lagoas, de ocorrência algo restrita em área, dentro da planície de inundação.

Em relação à fonte dos sedimentos, é incontestável a derivação a partir dos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia, conforme atestado pela situação geográfica e pelas semelhanças granulométricas e texturais. A Formação Corumbataí também pode ser considerada área-fonte, fornecedora tanto dos clastos da base, como do material formador das camadas pelíticas. Ainda como fonte, pode-se observar a contribuição das rochas vulcânicas básicas, através da presença de minerais pesados (magnetita, principalmente, além de turmalina e goethita) nos arenitos (BJÖRNBERG, 1965) e de seixos de calcedônia e ágata.

Localmente, próximo a Ipeúna, em afloramento na SP-191, junto ao Rio Passa Cinco (local, popularmente, denominado "tira-chapéu"), são observados seixos e até matacões, oriundos da Formação Irati e o próprio solo da Formação Rio Claro tem características que permitem admitir a contribuição da Formação Irati, ou seja, um latossolo vermelho-escuro, bastante argiloso.

Assim, a interpretação paleoambiental admitida no presente trabalho é de um ambiente fluvial, com rios que já mostrariam certa organização, conforme a distribuição espacial das litofácies associadas. Neste cenário, a ocorrência de depósitos torrenciais poderia sugerir a influência de processos morfoclimáticos.

### **5.1.6 Ocorrências fossilíferas**

Os primeiros fósseis registrados na Formação Rio Claro foram descritos por BJÖRNBERG *et al.* (1964b) como restos vegetais, comparados a representantes de angiospermas atuais das famílias Nymphaeaceae, Potamogetonaceae e Alismataceae, que podem ser encontradas como parte da vegetação aquática das lagoas da região. O gênero *Nymphaea*, um representante atual da família Nymphaeaceae, conforme exemplificado pelos autores, apresenta hábito aquático, com entrelaçamento dos pecíolos e folhas flutuantes (Fig. 9).

Os fósseis estão presentes em argilitos distribuídos em vários níveis na coluna da Formação Rio Claro. Apesar de relativamente abundantes nesses níveis, encontram-se fragmentados (no máximo 30 a 40 mm de comprimento e menos que 10 mm de largura), achatados, carbonizados e, menos freqüentemente, preservados como

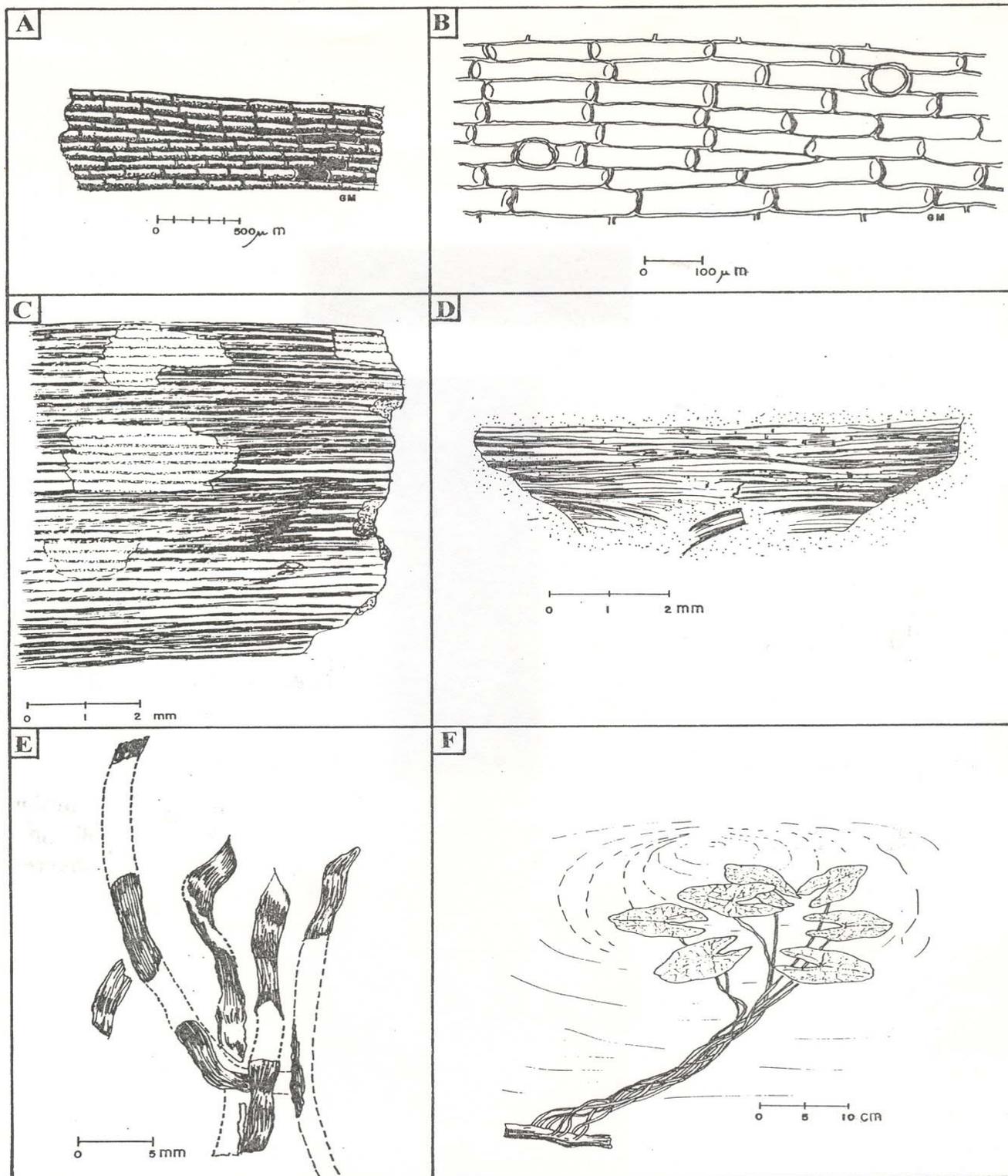


Figura 2 - Fósseis da Formação Rio Claro (BJÖRNBERG *et al.*, 1964)

A- Pecíolo de Nymphaeaceae; B- Epiderme de *Nymphaea* sp atual; C- Pecíolo foliar de Nymphaeaceae, com a parte externa estriada; D- provável fragmento de folha de Potamogetonaceae, mostrando a nervação; E- Pecíolos entrelaçados de Nymphaeaceae; F - Hábito de *Nymphaea* sp atual, com pecíolos e folhas flutuantes.

moldes ou impressões. Dessa forma, torna-se problemática uma segura identificação desses fósseis vegetais.

No presente trabalho, novas localidades fossilíferas foram encontradas, algumas com fósseis distintos dos descritos anteriormente e bastante interessantes à tafoflora da região.

Na seção descrita no km 177,5 da Rodovia Washington Luiz (Fig. 4) foram coletados restos vegetais indeterminados e alguns espécimes muito semelhantes aos atribuídos a pecíolos de vegetais da família Nymphaeaceae (BJÖRNBERG *et al.*, 1964). Inclusive, trata-se de um dos afloramentos que foram estudados por estes autores.

Na seção exposta na antiga cava de extração de argila do Bairro Wenzel (ANEXO 1), alguns espécimes coletados exibem nervação paralelinérvia, típica das folhas de angiospermas da classe monocotiledônea.

Na voçoroca da Mãe Preta (Fig. 5), os fósseis estão representados em grande número em níveis lamíticos arroxeados, porém seu estado de preservação é muito precário, somente é possível assinalá-los a restos vegetais indeterminados.

Na seção colunar da Mineração Mandu (Fig. 6), restos vegetais ocorrem em níveis lamíticos mais acinzentados, sob a forma de pequenos fragmentos e alguns maiores (até 5 mm de largura e 30 mm de comprimento), semelhantes aos pecíolos de Nymphaeaceae descritos por BJÖRNBERG *et al.* (1964) (Foto 23).

Em argilitos róseo-arroxeados, que afloram em corte de ferrovia no Jardim Paulista (ANEXO 1), foram encontradas impressões circulares, submilimétricas, identificadas como oogônios (estruturas reprodutoras) de algas verdes - carófitas (Foto 24).

No afloramento da Vila Nova/Jardim Bandeirantes (ANEXO 1) foi encontrado um horizonte fossilífero com muitos restos vegetais indeterminados e com dois exemplares, excepcionalmente bem preservados, que se revestem de muita importância para o melhor conhecimento da tafoflora da Formação Rio Claro.

O primeiro exemplar pode representar pteridófita (Jeferson Prado, informação verbal, 1994), um grupo raro nos registros fossilíferos do Cenozóico, onde o domínio é das angiospermas (Foto 25). O segundo espécime trata-se, provavelmente, de folha de angiosperma (Foto 26).

Na seção da Formação Rio Claro, na voçoroca do Residencial Florença (Fig. 7) ocorrem restos vegetais indeterminados, em siltitos marrom-amarelados .



Foto 23 - Fragmentos vegetais fósseis, prováveis pecíolos da família Nymphaeaceae, em argilitos. Mineração Mandu - Ajapi.

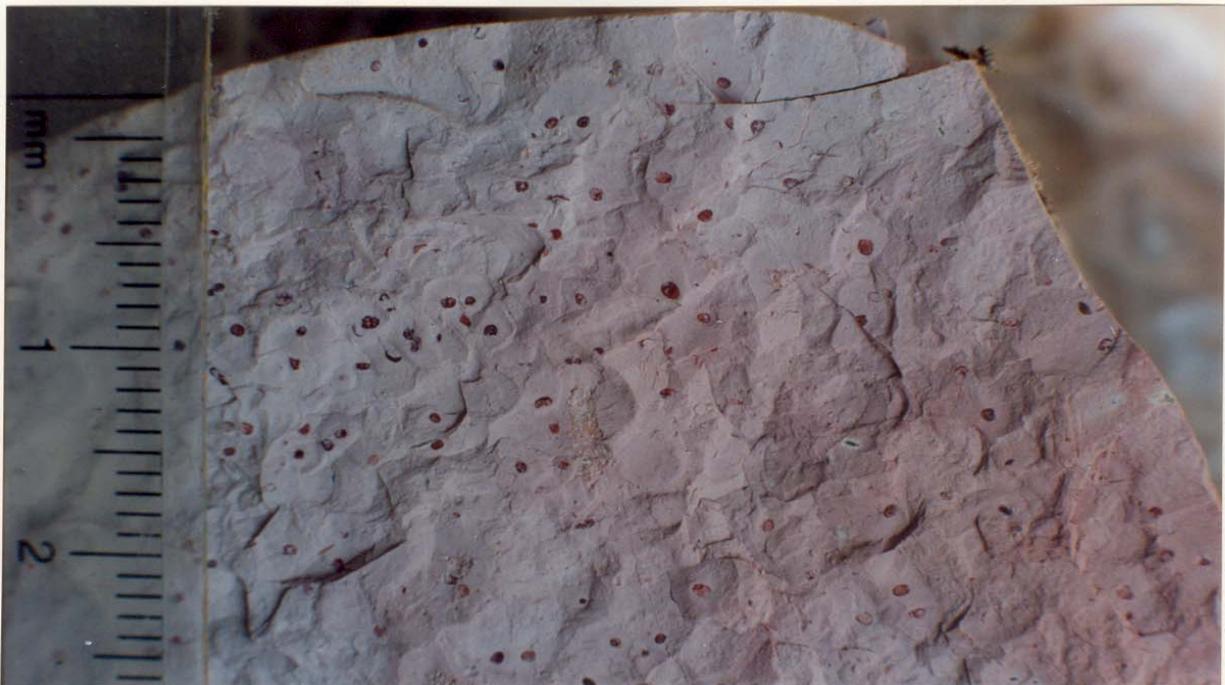


Foto 24 - Argilito cinza-róseo, com estruturas circulares sub-milimétricas, descritas como oogônios de carófitas (algas de água doce).



Foto 25 - Provável folha de pteridófito em argilito da Formação Rio Claro. Notar estruturas arredondadas nas extremidades. Voçoroca da Vila Nova/Jardim Bandeirantes.

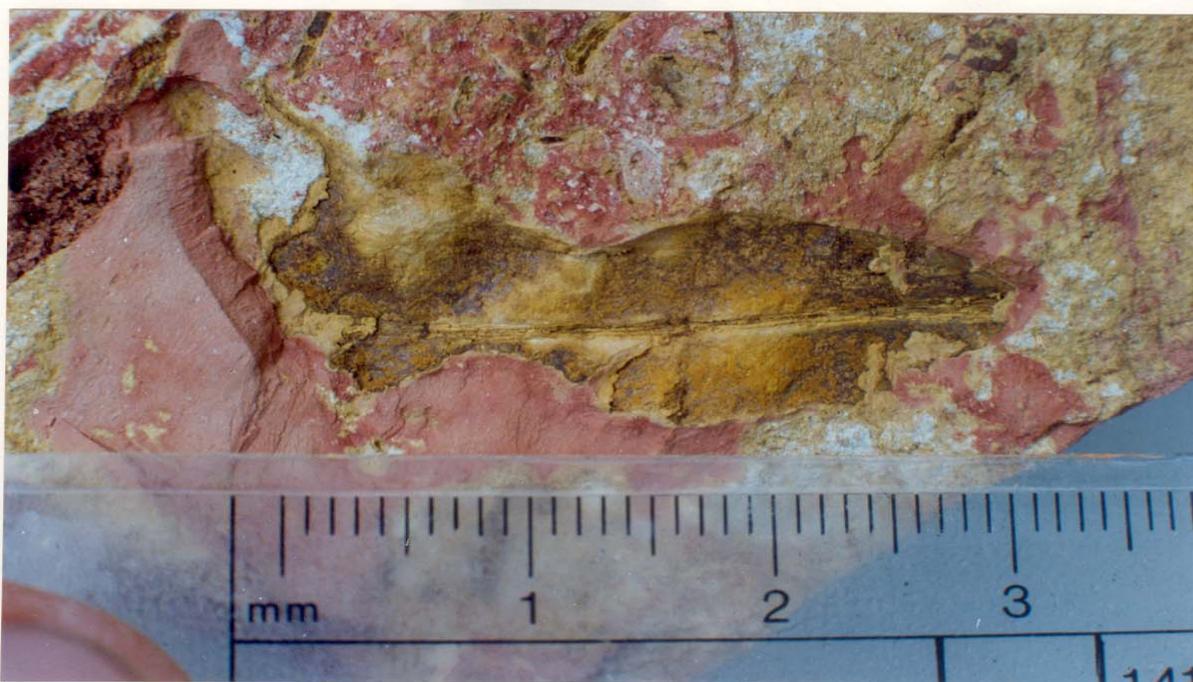


Foto 26 - Mesma amostra da foto anterior, com restos vegetais e detalhe de provável folha de angiosperma. Voçoroca da Vila Nova/ Jardim Bandeirantes.

### 5.1.7 Idade

Com base nos fósseis vegetais encontrados e na fraca litificação dos sedimentos da Formação Rio Claro, BJÖRNBERG *et al.* (1964a, b), BJÖRNBERG (1965), BJÖRNBERG & LANDIM (1966) concluem pela "recente antiguidade geológica para os sedimentos", ou ainda, tratam os sedimentos estudados de "modernos".

Ao estudar camadas cenozóicas dos estados de São Paulo e Paraná, ALMEIDA (1952) atribui às coberturas da Depressão Periférica paulista, idade pliocênica, ou seja, teriam se formado no final do Terciário.

FULFARO & SUGUIO (1968) consideram a Formação Rio Claro como neocenozóica e em 1974, os mesmos autores, a posicionam no final do Terciário (pós-Mioceno), baseando-se num quadro geral de evolução da tectônica e sedimentação do Cenozóico brasileiro.

Com base na evolução do relevo, isto é, no desenvolvimento de "uma ampla superfície alveolar rasa, ligeiramente embutida abaixo da superfície neogênica", AB'SABER (1969) posiciona a unidade no Pleistoceno Inferior.

SOARES & LANDIM (1976), ao estabelecerem correlação entre depósitos cenozóicos com base em continuidade física, características sedimentares, situação geomorfológica e condicionamento tectônico, estipulam parâmetros para o cálculo da idade dos depósitos, com base em taxas de soerguimento, comparando o desnível entre as superfícies de nivelamento e o nível de base dos principais rios. Consideram a Formação Rio Claro posicionada na "superfície dos médios interflúvios", também denominada "do médio Tietê" por ALMEIDA (1964), indicando que a fase de sedimentação desta superfície ocorreu no limite Mioceno-Plioceno.

Para o estabelecimento da idade da Formação Rio Claro, os diversos autores citados recorrem a diferentes ferramentas na tentativa de melhor precisar sua posição cronológica, através de análise relativa ou comparativa, além dos registros paleontológicos. Percebe-se uma convergência destas idéias, no sentido de posicionarem a sedimentação da Formação Rio Claro entre o Mioceno/pós-Mioceno (T) e o Pleistoceno (Q).

Porém, a tentativa de datação através dos fósseis é frágil, uma vez que angiospermas se distribuem desde o Cretáceo até os dias atuais e a provável pteridófito encontrada também não pode auxiliar na definição da idade, uma vez que a amplitude desse grupo vem desde o Paleozóico. Ainda, algas carófitas são bastante comuns no registro geológico a partir do Cretáceo.

Também, os outros critérios de datação são indiretos, baseados em interpretação de processos de erosão e sedimentação.

## 5.2 EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA E TECTÔNICA

### 5.2.1 Considerações gerais

A configuração da paisagem na Depressão Periférica Paulista, com destaque para a região de Rio Claro e as serras de São Pedro, Itaqueri e Santana (ou dos Padres), tem sido objeto de vários trabalhos que tratam da evolução do relevo. Em tais estudos aparecem duas linhas de abordagem, procurando explicar a modelagem do relevo, uma que ressalta o fator climático como preponderante e outra que dá maior ênfase a predisposições estruturais do substrato modelado.

As feições proeminentes no relevo, com desníveis da ordem de 200 a 300 m, são formadas pelas cuestras das serras de Santana e de Itaqueri e os morros testemunhos, como o da Guarita e Grande (Fig. 1).

O termo **cuesta** é definido como uma forma de relevo dissimétrico, em saliência, constituído por uma sucessão de camadas com diferentes resistências à erosão, ou seja, uma camada mais "dura" na parte superior sobreposta a camadas mais "tenras", formando uma escarpa abrupta. Esta feição de relevo aparece em bacias sedimentares com camadas pouco inclinadas, com a erosão diferencial fazendo sobressair a cuesta de frente externo em relação à depressão subsequente (GUERRA, 1980).

No caso da evolução morfológica do Estado de São Paulo, são verificados os pré-requisitos básicos para a formação do relevo de cuestras, ou seja, a existência de uma estrutura monoclinal, com mergulho para o interior da bacia, alternância de camadas de diferentes resistências à erosão e o arqueamento da borda da bacia com o levantamento da província cristalina.

A área-objeto deste estudo localiza-se, no quadro geomorfológico regional, na porção centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista, no limite com a província de cuestras, as quais alcançam o extremo noroeste da Folha Rio Claro. Esta região foi definida por ALMEIDA (1964) como "zona do médio Tietê", sendo um compartimento interplanáltico, morfológicamente, bem definido dentro desta zona e no conjunto da Depressão Periférica (PENTEADO, 1976).

BJÖRNBERG (1965) faz considerações em que relaciona, além do relevo, a influência tectônica nos processos de sedimentação, através da formação de

irregularidades na superfície crustal, ativando os processos erosivos, com deposição associada. Também atribui a influência de falhamentos no controle da sedimentação, que, indiretamente, pode ser refletido pela textura, estruturas sedimentares e composição mineralógica do depósito formado.

Enfocando este assunto com maior profundidade, BJÖRNBERG (1969) alia estudos morfotectônicos a estudos sedimentológicos, para identificação e caracterização dos depósitos. Busca nesta conjugação elucidar a formação de depósitos em superfícies erosivas e determinar rejeitos em superfícies truncadas, procurando, assim, indicar áreas tectonicamente ativas. O estudo busca a relação entre elementos morfológicos de drenagem e relevo, e estruturas cisalhadas recentes. Identifica falhamentos e o sentido do movimento, através de estrias, melhor registradas e mais facilmente identificadas nas rochas básicas da região.

FULFARO *et al.* (1967) estudam aspectos estruturais destas serras, realizando dois perfis SE-NW, com auxílio de geofísica. Relatam a existência de um sistema de falhas escalonadas de leste para oeste, com a linha principal de falha de direção NE-SW a ENE-WSW, acompanhando a frente da escarpa. Associam a presença de depressões no Planalto Ocidental (Rio Jacaré e Brotas) como consequência destas falhas. A escarpa das serras teria sido originada por falhas com a repetição, por falhamento, do *sill* de diabásio existente no local, até então atribuído a dois conjuntos de derrames.

PENTEADO (1968) e BJÖRNBERG (1969), nesta mesma linha, destacam algumas feições alinhadas da cuesta e as correlacionam a zonas mais fraturadas ou cisalhadas, coincidentes ou paralelas a alguns elementos da rede de drenagem e, através de diagramas estruturais, associam-nas a padrões de direções dominantes na região. Consideram que as direções principais estão associadas a falhamentos, os quais estariam condicionando a morfologia e seriam fatores primordiais para a gênese das cuestas.

PENTEADO (1968) analisa as direções da drenagem e classifica os rios, alguns de seus trechos e afluentes, considerando os que descem a cuesta em direção à Depressão Periférica como obseqüentes; os rios que acompanham o sentido do mergulho das camadas como conseqüentes, ou seja, opostos aos primeiros; e os de percursos paralelos às direções das camadas como subseqüentes. Nesta análise, a autora atribui grande peso à predisposição estrutural e conclui por classificar o Rio Corumbataí, de traçado geral NNE-SSW, como subseqüente e "post-cendente a falhamentos ou reativamentos de falhas que afetaram a região após a deposição do Grupo Bauru até épocas modernas". Seguindo nesta linha de evolução cronológica do relevo e

estabelecimento da drenagem atual, a autora considera a implantação da drenagem como pós-aplainamento cimeiro e, enquanto a superfície de cimeira se inclina para noroeste, os tetos topográficos da bacia hidrográfica mergulham para sul, sudeste e sudoeste, estes últimos, obviamente, concordando com o sentido de fluxo dos principais rios. PENTEADO (1968) conclui que o afeiçoamento do relevo não teria sido dado puramente pela ação erosiva ou de processos morfoclimáticos, porém a erosão diferencial seria guiada por uma drenagem post-cedente a falhamentos pós-cretácicos de direções preferenciais ENE e NNW, responsáveis pela forma e desenho retangular das cuestras, admitindo assim a influência tectônica. Coloca ainda a conjugação entre falhamentos, soerguimento epirogênico, com a escavação feita em fases de entalhe e aplainamentos, sob condições climáticas alternando fases de clima árido e úmido.

AB'SABER (1969) discorda das idéias sobre a origem das cuestras com base na tectônica, ou mesmo de opiniões que consideram as escarpas arenito-basálticas como linhas de falhas, interpretando as cuestras paulistas como decorrentes da "circundesnudação periférica", ou seja, apenas com base na evolução morfoclimática.

Estendendo estas hipóteses de controle estrutural do relevo à porção da Depressão Periférica na Bacia do Rio Corumbataí, PENTEADO (1976) destaca o papel do substrato geológico e da tectônica, como fatores de relevante importância na morfogênese, salientando a influência de corpos intrusivos básicos (diabásio) nos fundos de vales dos rios da região, como soleiras sustentando o nível de base e levando a uma fase de estabilização e evolução lenta do relevo. Também de grande importância na definição deste cenário, estão corpos intrusivos como os do morro do Horto Florestal e de Santa Gertrudes, hoje com destaque discreto no relevo, em cotas de 650 a 700 m.

Enfatizando este tipo de interpretação, PENTEADO (1976) relata: "se a escavação regional foi comandada por levantamentos pós-cretáceos e se os falhamentos são resultantes de arqueamentos epêiricos, vemos que não se pode dissociar processo de escavação de processos de tectonismo. O soerguimento comandando o entalhe, a tectônica quebrável organizando a rede de drenagem."

Buscando uma relação entre a morfogênese e os registros sedimentares, SOARES & LANDIM (1976) associam a formação e acumulação de depósitos cenozóicos a superfícies erosivas e ao soerguimento continental, a partir do Terciário Superior, nas bacias hidrográficas regionais, condicionados por barreiras litológicas ou estruturais que estabeleciam o nível de base local. Com estes obstáculos amplia-se a bacia de drenagem a montante e, com o aumento da erosão lateral e alongamento dos vales, diminui o gradiente e, conseqüentemente, a sua capacidade de transporte, formando amplas planícies aluviais. No caso do Rio Corumbataí (subseqüente), houve uma

ampliação do vale, com registros de depósitos na forma de terraços alçados, em relação ao leito atual.

A existência de falhamentos cenozóicos ou de uma tectônica denominada "moderna" foi tema de controvérsia nos anos 70. SOARES (1973), com base em mapeamentos geológicos de semi-detelhe, no Estado de São Paulo, conclui pela ausência de evidências de falhas afetando o Grupo Bauru e os depósitos cenozóicos. Os falhamentos da região afetariam as seqüências até a Formação Serra Geral e seriam, predominantemente, de rejeito vertical (falhas de gravidade). Assim, tal autor questiona a existência de falhas, em especial de uma tectônica transcorrente cenozóica, conforme descrito por BJÖRNBERG (1965 e 1969), atribuindo às estrias horizontais uma origem atectônica, formadas através de movimentos gravitacionais de massa, de deslize rotacional.

BJÖRNBERG & GANDOLFI (1974) rebatem os questionamentos feitos por SOARES (1973) e comparam os dois modelos, contra-argumentando pelos movimentos de origem tectônica, com base na presença marcante de estrias horizontais típicas de falha transcorrente, paralelas a elementos de drenagem e pela ausência de estrias verticais e de fraturas abertas características num processo de escorregamento (não tectônico).

De acordo com FULFARO (1979), o levantamento vertical meso-cenozóico ocorrido, principalmente na faixa costeira, teve reflexos para o interior. As movimentações verticais propiciaram um arcabouço estrutural que, através da erosão diferencial, foi responsável pela configuração dos compartimentos do relevo paulista (Planalto Atlântico, Depressão Periférica, Cuestas e Planalto Ocidental).

Segundo FULFARO & BARCELLOS (1987), a Depressão Periférica e as escarpas arenito-basálticas possuem indicações de estarem em processo ainda atuante, em resposta a movimentos isostáticos, causados pela remoção de uma grande porção sedimentar, que se refletem em pequenas bacias sedimentares localizadas, como é o caso da Formação Rio Claro e nas feições de destaque no relevo, como as escarpas da Serra Geral. No caso das cuestas, um soerguimento lento e persistente não confere estabilidade temporal suficiente para que o intemperismo possa atenuar a forma abrupta do relevo.

Os mesmos autores postulam que evidências de movimento ascensional na Depressão Periférica podem ser inferidas pela ocorrência de "charcos" ou banhados em alguns pontos da rede fluvial, localizados no reverso da cuesta.

VIEIRA (1982), com base na presença de seixos da Formação Corumbataí na base do Grupo Bauru, em área do reverso da cuesta, ou seja, em altitudes superiores a 900 m, levanta a hipótese da fonte estar elevada em relação à posição atual,

supondo a existência de um evento tectônico cenozóico com afundamento da Depressão Periférica.

Essa discussão, sobre a existência ou não de diastrofismo cenozóico, parece estar sendo superada com investigações estruturais baseadas nos métodos e critérios da Análise Estrutural. Estudos mais recentes vêm descrevendo e discutindo descontinuidades, em termos de um evento mais antigo (Reativação Sul-Atlantiana) e outro mais novo, neotectônico (FACINCANI *et al.*, 1994).

### **5.2.2 O Alto estrutural ou "Domo de Pitanga"**

Dentro deste contexto geomorfológico e geológico, merece especial destaque o alto estrutural ou domo de Pitanga, onde estão expostas rochas permocarboníferas do Grupo Itararé, em meio a um domínio da Formação Corumbataí. Este alteamento de camadas é explicado, na literatura, tanto por uma tectônica mais rígida, dominada por falhas normais em um regime distensivo, como por um arqueamento positivo dos estratos, sendo que nesta hipótese, a estrutura (domo) seria gerada a partir de esforços compressivos, associados a falhas transcorrentes.

O domo de Pitanga vem sendo alvo de estudos desde o início do século, objetivando à prospecção de petróleo, com a estrutura dômica vislumbrada por WASHBURNE (1930). Nos anos 50, a PETROBRÁS realizou estudos e sondagens na área, mais precisamente, no Distrito de Assistência e na Fazenda Pitanga, para busca de hidrocarbonetos, com base em evidências de superfície, pela presença de betume na Formação Irati (rocha geradora), de rochas permoporosas do Grupo Itararé (rocha-reservatório) e de uma estrutura trapeadora, ou armadilha estrutural (BARBOSA & GOMES, 1958).

WASHBURNE (1930) e MORAES REGO (1930) defendem a hipótese da origem dessa estrutura por levantamentos dômicos e estruturas. ALMEIDA & BARBOSA (1952) também compartilham desta idéia, porém, admitem falhas ligadas ao arqueamento e ainda associando às "intrusões basálticas".

OPPENHEIM & MALAMPHY (1936) descrevem um sistema de falhas de reduzida projeção vertical, dispostas "en échelon", de leste para oeste, formando o *horst* de Pitanga e o gráben de São Pedro, associando a formação das falhas às intrusões.

LANDIM (1967) é favorável à idéia de um sistema de falhas com rejeito reduzido individualmente que, no conjunto, resultou em deslocamentos notáveis, os quais formariam o alto estrutural.

Quanto às evidências cronológicas dos falhamentos, PENTEADO (1976) os descreve como pós-cretácicos ou "modernos", com base nos trabalhos de BJÖRNBERG (1965, 1969). Ao explicar dissimetrias de relevo em afluentes do Rio Passa Cinco, a autora admite haver uma reativação de antigas linhas de fraqueza (falhas), que estariam cortando pedimentos, portanto, posteriores à última fase de pedimentação, colocada, por cronologia relativa, no Pleistoceno Médio.

SOARES (1974), ao estudar elementos estruturais do nordeste da bacia, classifica-os em falhas isoladas, sistemas lineares de falhas, *horsts* e grábens, domos e flexuras. Dentre estes elementos, descreve o domo de Pitanga, definindo-o como uma estrutura de forma alongada, com o eixo maior concordante com a direção do sistema linear de falhas Rio das Pedras-Piracicaba-Ipeúna. O autor coloca a hipótese de que estas estruturas arqueadas teriam sido formadas por esforços compressivos internos à bacia, gerados a partir de movimentos verticais, associando tal tectonismo à Reativação Wealdeniana.

ZALÁN *et al.* (1985) interpretam as intrusões básicas como responsáveis pela formação de estruturas dômicas, grábens e falhas reversas, em raciocínio isolado e inverso, desconsiderando todo regime tectônico a que a área estava sujeita à época, no qual a interpretação mais aceita é de que as intrusões seriam o efeito e não a causa como querem os autores citados. Especificamente na região do domo de Pitanga, podemos constatar que as soleiras de diabásio ocupam horizontes estratigráficos preferenciais, como os associados à Formação Irati, sendo estes mapeados por grande extensão areal, o que contradiz a teoria de domeamento por intrusões básicas.

Em estudos mais recentes, RICCOMINI (1987) propõe um modelo de evolução estrutural da área do domo de Pitanga, com uma história mais complexa do que a admitida anteriormente, reconhecendo "pelo menos seis fases de intensa movimentação tectônica", desde o Paleozóico. Dentre estas, reconhece duas fases compressivas:

a) uma que gerou falhas transcorrentes dextrais, de orientação NW a NNW e NE a ENE e falhas transcorrentes sinistrais NW, além de falhas reversas e dobras abertas.

b) outra associada a falhas transcorrentes sinistrais, de direção ENE, falhas transcorrentes dextrais, de direção NNE e NNW, além de dobras abertas.

RICCOMINI (1987) admite que estas fases estariam compreendidas no intervalo de tempo entre o Neocretáceo e o Eoterciário.

Este autor também descreve "manifestações neotectônicas no vale do Rio Passa Cinco, com falhas normais e reversas de direção NE, relacionadas inicialmente à tração NW-SE

e posterior compressão coaxial; afetam depósitos de terraços aluviais, mais jovens do que a Formação Rio Claro, esta de idade supostamente neogênica a quaternária."

FACINCANI *et al.* (1994) consideram que existem falhas normais e transcorrentes na região de Ipeúna - São Pedro, sendo as primeiras de um evento distensivo anterior a um evento transcorrente que gerou as segundas. Esses eventos correspondem à Reativação Sul-Atlântica e à Neotectônica, já que ao primeiro se vinculam diques de diabásio e ao segundo, seccionamentos de depósitos colúviais modernos.

A relação do domo de Pitanga com os depósitos da Formação Rio Claro é colocada por PENTEADO (1976), SOARES & LANDIM (1976), supondo haver um represamento da rede de drenagem, a partir deste obstáculo estrutural, causando uma acumulação de sedimentos a montante.

### **5.2.3 Análise estrutural da Formação Rio Claro e do seu contexto na Folha Rio Claro**

Buscando-se definir os padrões estruturais, reflexos morfológicos e evidências de tectonismo na área estudada, foram levantados dados de fotolineamentos em toda a Folha Rio Claro, medidas de fraturas da Formação Corumbataí e medidas de fraturas e falhas da Formação Rio Claro.

Os dados de fotolineamentos (ANEXO 2) foram extraídos de aerofotos na escala 1: 40.000 (TERRAFOTO, 1988), totalizando 1.269 segmentos, divididos e tratados por quadrante da folha topográfica, representados em diagramas de rosáceas (Fig. 10). Esta subdivisão em quadrantes baseia-se no conceito de domínios estruturais, distinguindo-se áreas com padrões dissemelhantes de orientação de lineamentos.

As características gerais dos quatro domínios estão descritas na Tabela 1.

Considerando a Formação Corumbataí como embasamento da Formação Rio Claro na maior parte da área, procurou-se definir o padrão de fraturamento desta unidade, sendo escolhidos três afloramentos representativos para realizar as medidas e definir as principais famílias de juntas e fraturas.

Os diagramas da Figura 11 mostram o domínio das seguintes direções:

a) No afloramento da Formação Corumbataí, localizado no cruzamento da estrada de Jacutinga com a SP-191, numa cava para extração de argila, destacam-se duas direções perpendiculares: uma N10-20E, coincidente com a direção do vale do Rio Corumbataí, e outra, N80W.

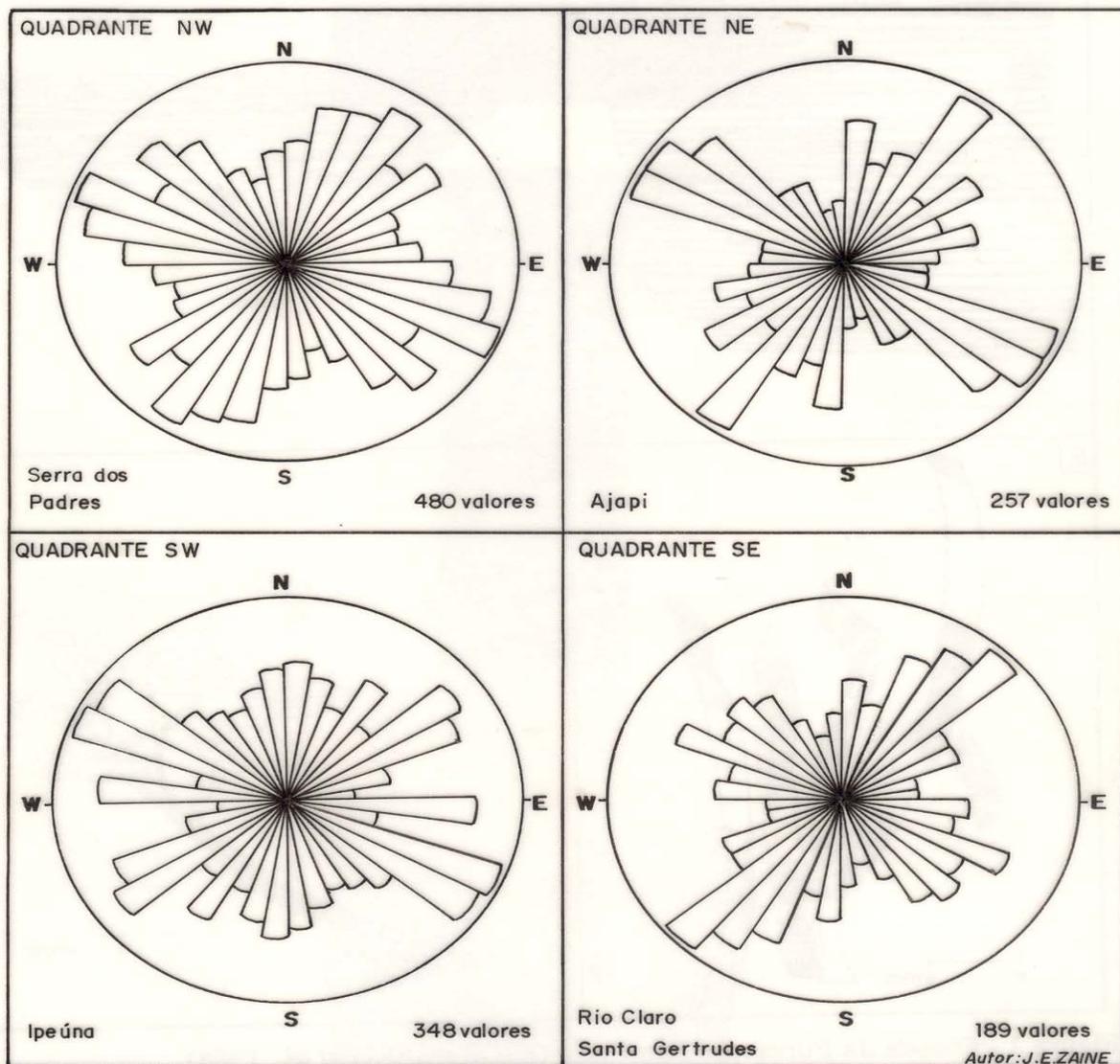


Figura 10 - Rosáceas de Fotolineamentos - Folha Rio Claro.

b) Nas exposições da unidade permiana, junto ao Jardim Paulista (estrada velha de Ipeúna), sobressai a direção N80E e, secundariamente, N30-50E.

c) Na terceira exposição, localizada no retorno da rodovia Washington Luiz, junto à CEPAR entre Rio Claro e Santa Gertrudes, na faixa de sentido para a capital, onde a Formação Corumbataí está bastante fraturada e alterada física e

quimicamente, devido à proximidade de intrusões básicas, que aí aparecem cortando a unidade, há um destaque para a direção N70E e, subordinadamente, ocorrem direções N80W e E-W.

Para tentar definir o comportamento estrutural da Formação Rio Claro foram selecionados dois afloramentos com maior potencial de observação, de onde se extraíram dados de fraturamento e falhamentos. A observação destes elementos estruturais na unidade cenozóica é mais nítida nos limites, onde se tem um melhor referencial para os deslocamentos (falhas).

**Tabela 1 - Quadro síntese dos dados de fotolineamentos da Folha Rio Claro**

<b>Quadrante</b>	<b>NW</b>	<b>NE</b>	<b>SW</b>	<b>SE</b>
<b>Nºsegmentos</b>	480	257	348	189
<b>Domínio Geológico/Geomorfológico</b>	Formação Pirambóia/ Cuestas (Serra de Santana)	Formações: Rio Claro e Corumbataí	Influência do Domo de Pitanga	Influência de intrusivas básicas (Morro do Horto, Sta. Gertrudes e fundo dos vales do Rio Corumbataí e Ribeirão Claro).
<b>Principais direções</b>	- NNE a NE - WNW - NW	- N40-70W Pequenos segmentos de drenagem paralelos; - N30-40E - Grandes alinhamentos: médio curso do Rio Corumbataí, Ribeirão Claro e lagoas alinhadas; - NS a N10E	- N50-70W Rio Passa Cinco; - N50-70E; subordinadamente: - NS e EW	- N20 a N50E Ribeirão Claro, próximo à confluência com o Rio Corumbataí; -N60-70W

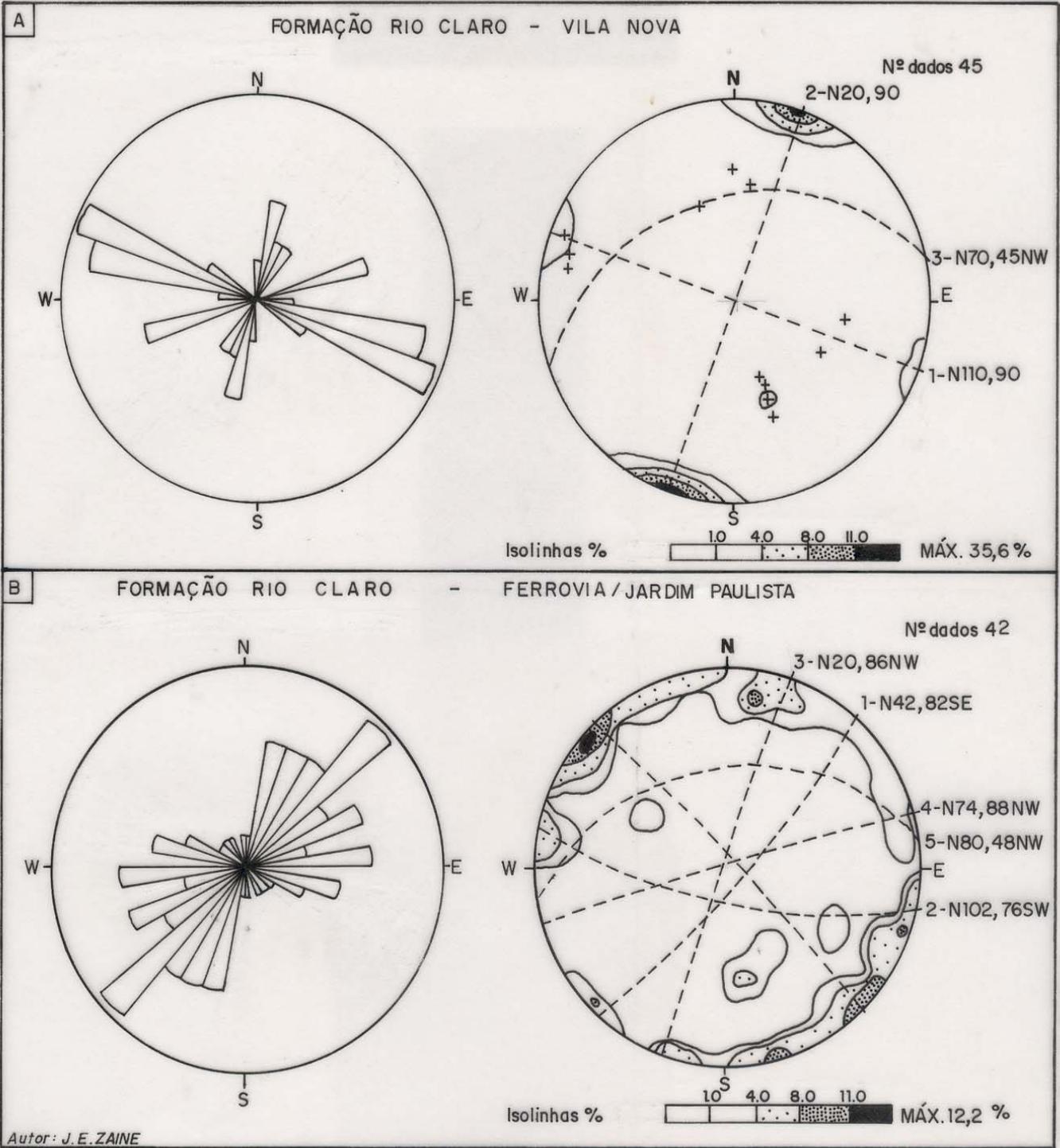


Figura 11 - Rosáceas e estereogramas (Schmidt-Lambert /Semi-esfera inferior) de fraturas da Formação Rio Claro

As falhas observadas apresentam, geralmente, rejeitos centimétricos, sendo descritas falhas normais, inversas e transcorrentes. A classificação das falhas foi feita, tanto pela observação do deslocamento de lâminas ou camadas, como pelo arrasto ou pelas estrias de atrito no plano de falha.

Um dos afloramentos situa-se no corte da ferrovia no Jardim Paulista (ANEXO 1), numa seqüência próxima à base da Formação Rio Claro, constituída por arenitos argilosos, seguida por alternâncias de lamitos e arenitos. Foi observada uma série de pequenas falhas em bancos de argilitos laminados e uma falha inversa com rejeito estimado em alguns metros, onde pode ser observado o arrasto das camadas deslocadas (Foto 27).

O segundo afloramento localiza-se em voçoroca na Vila Nova/Jardim Bandeirantes (ANEXO 1), atrás do Campus da UNESP, onde níveis mais expressivos de argilitos mostram intenso fraturamento e várias falhas predominantemente normais, de rejeito centimétrico (Foto 28).

Para melhor analisar e definir os padrões de fraturamento da área, em especial da Formação Rio Claro, os dados obtidos de medidas nos afloramentos foram tratados estatisticamente, sendo representados através de diagramas de rosáceas e estereogramas (Schmidt-Lambert), a partir dos quais foram definidas as famílias principais de juntas.

O quadro a seguir (Tabela 2) mostra uma síntese das famílias de descontinuidades dos três afloramentos da Formação Corumbataí e dos dois da Formação Rio Claro, anteriormente mencionados. As descontinuidades, por comporem famílias, correspondem a juntas.

**Tabela 2 - Principais famílias de juntas em afloramentos das formações Corumbataí (P) e Rio Claro (T-Q)**

AFLORAMENTO/UNIDADE	F1	F2	F3	F4	F5
Vila Nova/Fm. Rio Claro	N70W/90	N20E/90	N70E/45N W		
Jd. Paulista/Fm. Rio Claro	N78W/76S W	N20E/86N W	N74E/88N W; N80E/48N W	N42E/82SE	N43W/86N E
Jd. Paulista/Fm. Corumbataí		N13E/28SE	N74E/90	N44E/90	N36W/70N E
CEPAR/Fm. Corumbataí	N74W/88N E	N13E/28SE	N78E/84N W	N60E/90	N42W/80N E
Jacutinga/Fm. Corumbataí	N73W/90	N15E/86SE		N50E/70SE	N27W/90
DIREÇÕES MÉDIAS	N74W	N16E	N75E	N49E	N37W
DIREÇÕES APROXIMADAS	WNW	NNE	ESE	NE	NW

Conforme se verifica, existem cinco famílias nas duas formações, todas com altos mergulhos, cujas direções são:

- 1- N74W (~ WNW)
- 2- N16E (~ NNE)
- 3- N37W (~ NNW)
- 4- N49E (~ NE)
- 5- N75E (~ ENE)

Uma família de baixo mergulho aparece em dois locais da Formação Corumbataí.

Definidas estas direções principais e comparando-se aos diagramas de rosáceas de fotolineamentos dos quatro quadrantes da Folha Rio Claro (Fig. 10), temos as



Foto 27 - Plano de descontinuidade, interpretado como uma falha inversa, dado pelo arrasto das camadas arenosas da Formação Rio Claro. Corte da ferrovia no Jardim Paulista.

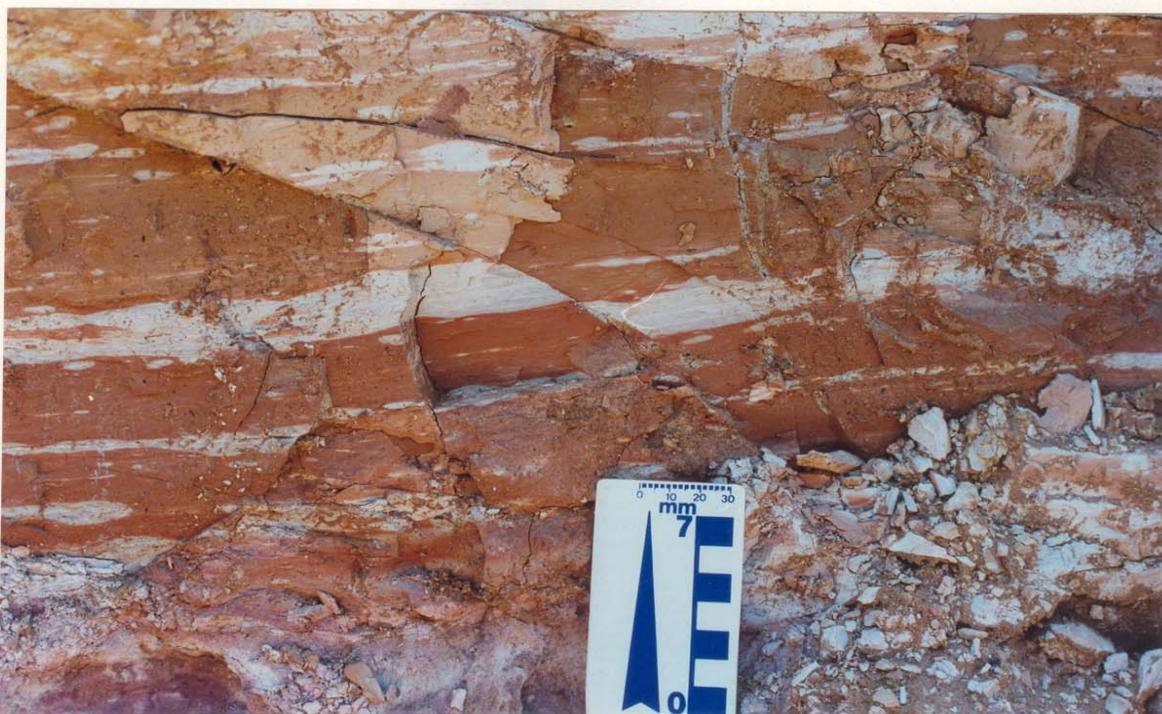


Foto 28 - Falha normal em argilitos da Formação Rio Claro. Voçoroca da Vila Nova/Jardim Bandeirantes.



direções das famílias N74W, N16E (NNE) e N49E (N40-50E) presentes em todos os domínios. Uma quarta família, menos expressiva, de direção N37W, aparece discretamente nos diagramas de afloramentos da Formação Corumbataí e da Formação Rio Claro (Figs. 11 e 12) e com muito pouca representatividade nas quatro rosetas de fotolineamentos. Uma quinta direção média é N75E, que aparece com destaque no afloramento da Formação Corumbataí no Jardim Paulista (ANEXO 1), porém sem muito realce nos diagramas de fotolineamentos.

Do estudo destes diagramas, comparado aos fotolineamentos, podemos concluir que as direções N74W e N40-50E são de maior destaque e importância, seguido pela direção N37W e ainda N16E, esta com pouca expressão na Folha Rio Claro.

A partir desta análise estatística e comparativa, pode-se constatar que há, de fato, um controle das direções e feições de relevo, guiado por descontinuidades presentes nas rochas da região.

Comparando-se os diagramas de rosáceas dos fotolineamentos e das fraturas, tanto da Formação Corumbataí como da Formação Rio Claro (Figs. 10 a 12), tem-se alguns elementos de drenagem bem marcados e presentes, principalmente, nos diagramas de fotolineamentos e, com destaque, as direções NE a NNE do Ribeirão Claro no seu médio curso e do Rio Corumbataí, além do alinhamento das lagoas, que segue a direção das camadas da Bacia do Paraná na região, ou seja, subseqüentes.

Estas direções NNE também são reconhecidas por PENTEADO (1968) e BJÖRNBERG (1969) e coincidem com direções marcantes na orientação das cuevas. SOARES (1974), ao definir sistemas lineares regionais, também cita as direções NNE, WNW e NW (Rio Passa Cinco), coincidentes às estudadas.

A partir dos dados expostos e agrupados, podemos inferir a orientação dos esforços a que estaria sujeita a área e que teria gerado estes sistemas de fraturas. Tendo a área um grande domínio de fraturas subverticais, pode-se estabelecer " $\sigma_2$ " (eixo intermediário do elipsóide de tensão), posicionados próximo da vertical; conseqüentemente, " $\sigma_1$ " (tensão máxima) e " $\sigma_3$ " (tensão mínima) posicionados na horizontal. Esse sistema de tensão corresponde a regime tectônico transcorrente.

Para análise de falhamentos da Formação Rio Claro foram confeccionados diagramas ciclográficos para indicação dos principais sistemas de falhas, que permitem visualizar as famílias dominantes (A nas figuras 13 e 14).

Foram também construídos estereogramas (Schmidt-Lambert/isolinhas) de estrias de atrito e de planos de falhas (Figs. 13 e 14). As estrias são elementos (registros) indicativos de movimento, podendo as estrias horizontais ser atribuídas a falhas transcorrentes e as estrias inclinadas a falhas normais (mais comuns) ou ainda,

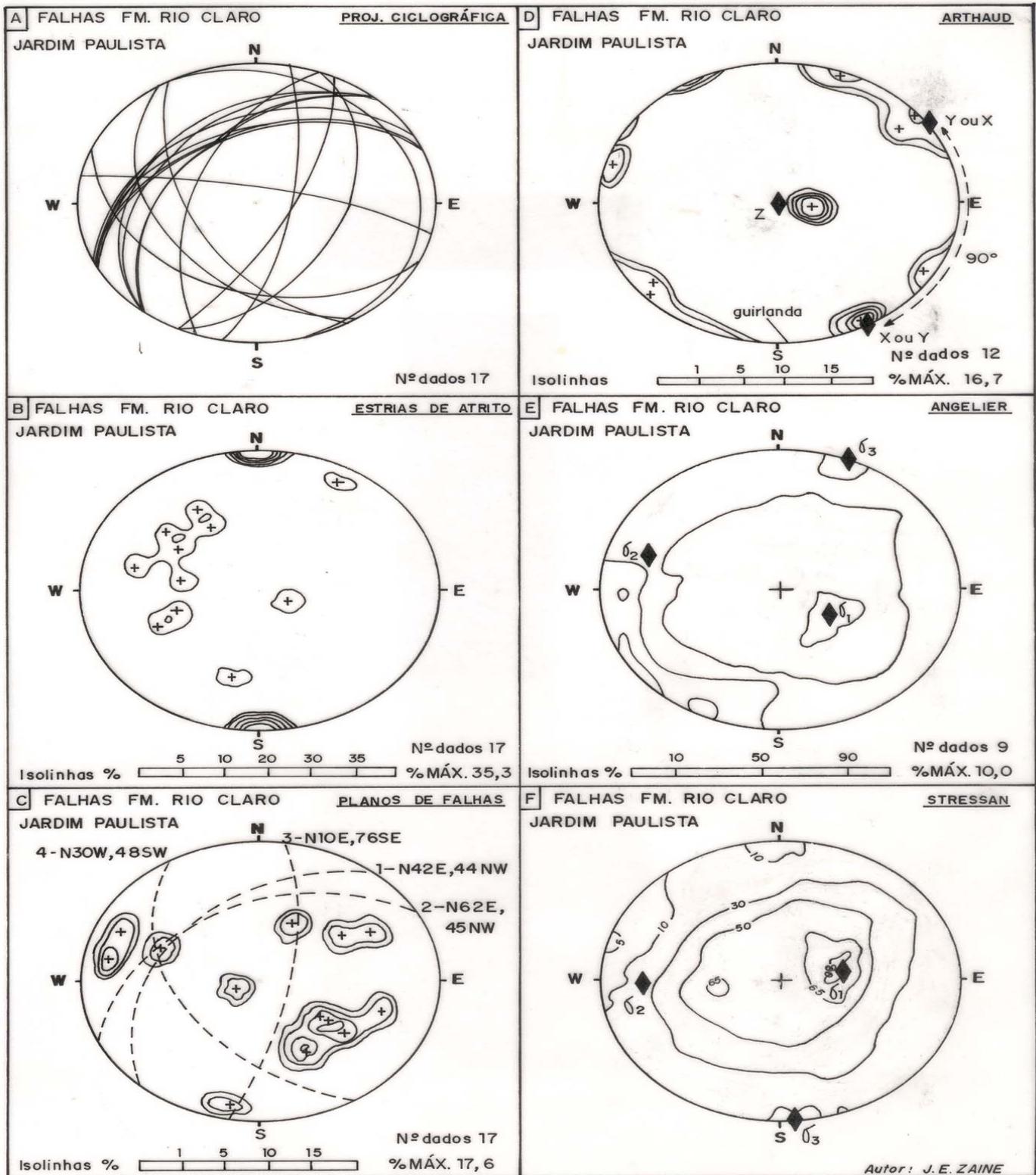


Figura 13 - Estereogramas de Falhas da Formação Rio Claro  
 Aflor: Corte da Ferrovia/Jardim Paulista  
 (DIAGRAMA SCHMIDT-LAMBERT/SEMI-ESFERA INFERIOR)

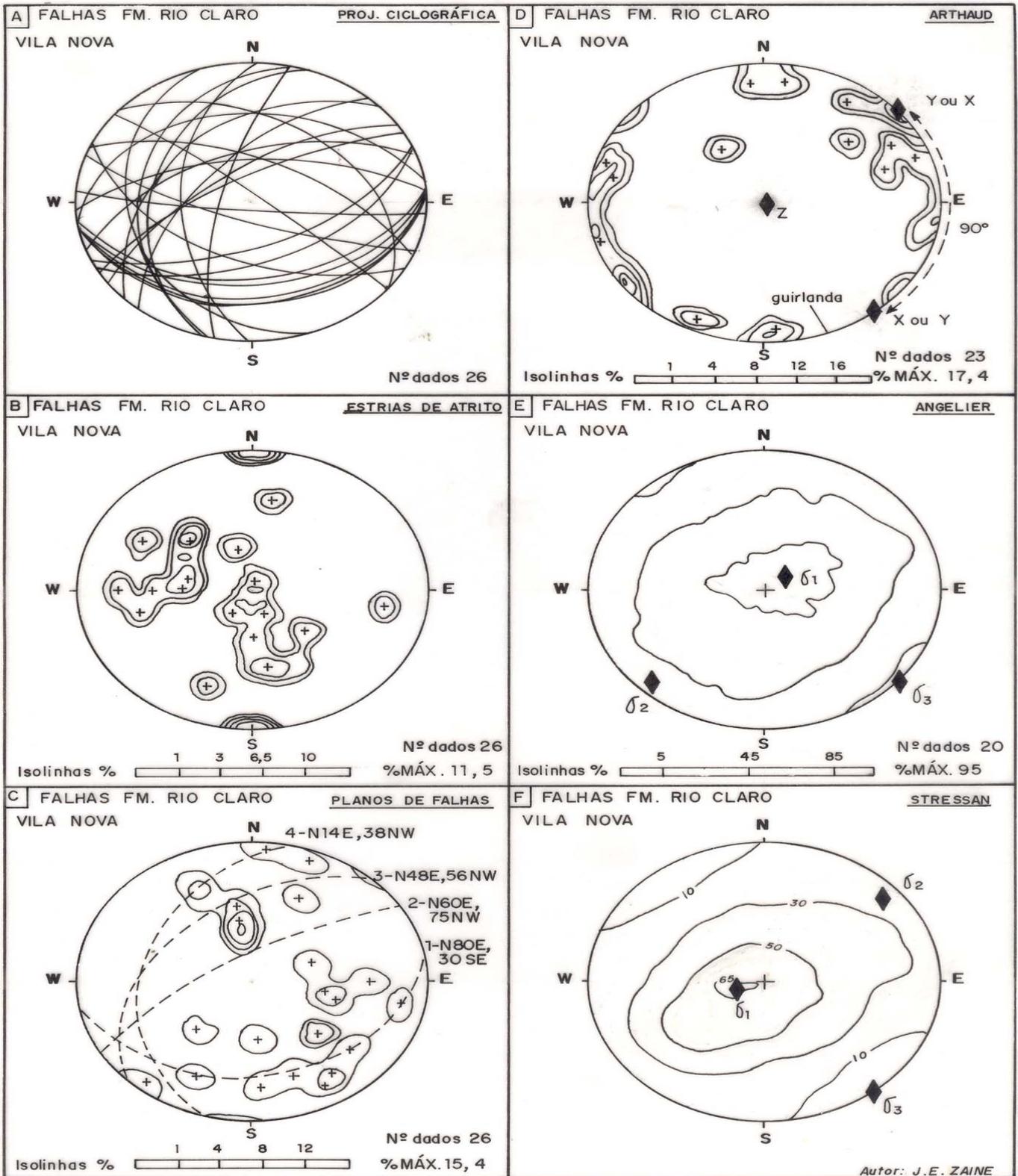


Figura 14 - Estereogramas de Falhas da Formação Rio Claro Aflor: Voçoroca da Vila Nova/ Jardim Bandeirantes. (DIAGRAMA SCHMIDT- LAMBERT/SEMI-ESFERA INFERIOR).

Des. Elen AA Prochnow

inversas. O exame de tais diagramas (A, B e C das figuras 13 e 14) não permitiu deduzir os tensores de deformação ou tensão.

Ao analisar os diagramas Schmidt-Lambert das falhas na Formação Rio Claro (Figs. 13 e 14), podemos definir algumas direções NE, NW, além de NNE e ENE, com a presença marcante de falhas de mergulho entre 40° e 50°, e um domínio de falhas normais, podendo ser interpretado como um modelo estrutural regido por esforços distensivos, com a componente vertical preponderante ( $\sigma_1$ ).

Para se posicionar os eixos do elipsóide de deformação, recorreu-se à técnica de Arthaud que, através do lançamento de polos de planos de movimento em estereograma, permitiu delinear guirlandas horizontais para os dois afloramentos da Formação Rio Claro medidos (D nas figuras 13 e 14), o que permite localizar o eixo de deformação Z (eixo de encurtamento) na vertical, considerando que a grande maioria de falhas é de tipo normal. Os outros dois eixos (X, Y) são horizontais, um próximo a NW-SE e outro, NE-SW. Isso mostra que a área esteve submetida a um regime tectônico distensivo.

As Figuras 13 e 14 (E e F) mostram a análise estrutural de falhas e estrias pelas técnicas de Angelier e Stressan, a partir das quais se pôde posicionar os eixos de tensão  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ . No afloramento da Formação Rio Claro, na Vila Nova, predominam direções de fraturamento bem definidas, N70W e N20E. As duas direções principais ortogonais dos planos de juntas também estão presentes nas lateritas ferruginosas que ocorrem neste ponto. Neste local exibe um resultado bastante coerente com  $\sigma_1$ , praticamente vertical,  $\sigma_3$  posicionado nos mínimos em NW-SE/sub-horizontal e  $\sigma_2$  situado a NE/sub-horizontal. No outro afloramento estudado, no corte da ferrovia (Jardim Paulista), deduz-se  $\sigma_1$  próximo à vertical,  $\sigma_3$  próximo a N-S e  $\sigma_2$  próximo a E-W.

Assim sendo, pela análise dos três métodos (Arthaud + Angelier + Stressan), conclui-se que refletem um regime distensivo, no qual  $\sigma_1$  estaria próximo da vertical. As orientações de  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$  são diferentes nos dois afloramentos, requerendo dados para definição mais precisa.

Como se expôs anteriormente, as juntas resultaram de regime transcorrente e as falhas de regime distensivo, indicando que a área se sujeitou a dois episódios tectônicos.

Pelas observações, as juntas se formaram posteriormente, já que seccionam falhas, e, assim, marcam-se os dois eventos já reconhecidos na região de Ipeúna - São Pedro por FACINCANI *et al.* (1994), também na área ora estudada.

A implicação dessas deduções tectônicas é que a Formação Rio Claro está vinculada a um estágio de evolução regional mais antigo do que tem sido postulado.

Se for considerado que a Neotectônica se iniciou no Mioceno (HASUI, 1990; POTTER, 1994), pode-se considerar que essa seria a idade mínima da formação, e que em tempos mais modernos ela vem sendo desmantelada.

Para ilustrar e comparar os dados de análise estrutural, relatamos a situação do substrato da Formação Rio Claro, próximo ao afloramento da Vila Nova (ANEXO 1), onde foram observadas algumas particularidades sugestivas de um alto estrutural, junto a um afluente do Ribeirão Claro, alinhado, de direção N40W. No local, a Formação Irati foi identificada pelo solo vermelho característico com as concreções ("bonecas") de sílex, típicas da unidade, além de seixos de sílex da mesma em terraço do Ribeirão Claro.

Corroborando com a interpretação deste alto estrutural, foram mapeadas várias falhas nas proximidades e há registro de siltitos argilosos da Formação Tatuí, sob uma pequena cobertura, provavelmente, de solo da Formação Rio Claro, em sondagem para água, realizada na garagem da UNESP, no Bairro Bela Vista (J.A.J. Perinotto, informação verbal, 1994).

## CAPÍTULO 6

### CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A Formação Rio Claro, na Folha Rio Claro, constitui-se no registro mais significativo e, provavelmente, mais antigo do Cenozóico, dentro da Depressão Periférica Paulista.

Através de seus litotipos, faciologia, relações de contato, estruturas sedimentares, organização textural e granulométrica, composição mineralógica, conteúdo paleontológico e registros tectônicos, é possível observar e extrair informações que permitem recompor parte da história geológica da área.

Esta unidade mostra, como características marcantes, fraca litificação e profunda alteração pedogenética. Cauce interflúvios planos, com solo areno-argiloso espesso (latossolo vermelho-amarelo), formando superfícies aplainadas, como a do interflúvio Ribeirão Claro-Corumbataí, com um caimento de 1° de norte para sul, ou seja, de Ajapi (670 m) para Rio Claro (600 m).

As lagoas e lagoas secas são feições da paisagem, típicas do relevo de colinas amplas a tabuliformes, ao qual está associada a Formação Rio Claro, sendo levantada aqui a hipótese da formação destas, a partir de um suave colapso, originado pelo difícil escoamento de águas superficiais num substrato de alta porosidade, isto é, com alta infiltração e percolação em subsuperfície, através de condicionantes estruturais. O alinhamento destas lagoas e o relato da existência de intercomunicação subterrânea entre elas são evidências que vêm corroborar esta interpretação.

As voçorocas, bastante freqüentes na unidade, mostram a alta suscetibilidade aos processos erosivos, o que deverá ser preocupar o Poder Público, levando a um planejamento na ocupação, tanto rural quanto urbana.

A deposição da Formação Rio Claro selou um ciclo de evolução do relevo, culminando com a superfície aplainada, hoje representada pelos grandes interflúvios da região (Superfície Neogênica de De Martone). Assim sendo, é colocada a hipótese de que esta superfície possa ser definida como formada por erosão e pedimentação, com um fecho deposicional de pequena espessura.

A base da Formação Rio Claro pode ser definida como uma paleo-superfície erosiva com irregularidades, conforme observado em exposições mais extensas. Além de uma paleotopografia irregular, esta superfície pode ser caracterizada como uma

discordância angular, pois esta unidade cenozóica se sobrepõe e recobre três unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná.

Na interpretação do paleoambiente, optou-se pela análise através da associação litofácies/processo, indicativa de condições mais energéticas com pouca organização (fluxos torrenciais e fluxos de massas) e um sistema fluvial mais organizado (canais espalhados, planícies de inundação e lagoas restritas).

Apesar dos estudos e hipóteses levantados nos trabalhos anteriores convergirem para o posicionamento da idade da Formação Rio Claro entre o Mioceno/pós-Mioceno (T) e o Pleistoceno (Q), não há elementos seguros para corroborar tal idade. Inclusive, através dos fósseis não foi possível se concluir a respeito da idade, uma vez que podem apresentar ampla distribuição temporal.

Embora os fósseis não forneçam maiores informações sobre a idade, houve uma ampliação significativa do conhecimento da tafoflora da Formação Rio Claro, a partir da descoberta de novas localidades fossilíferas e de fósseis vegetais e um provável animal, ainda inéditos na unidade, e mesmo em outras seqüências cenozóicas correlatas no Estado de São Paulo.

A área de ocorrência da Formação Rio Claro, na Folha Rio Claro, é demarcada por condicionantes topográficos, litológicos e estruturais (Fig. 15). O limite NW e W pode ser definido pela Formação Pirambóia e abaixo da cota de 650 a 700 m, podendo-se sugerir que esta faixa estaria mais próxima à área-fonte, predominantemente, os arenitos da Formação Pirambóia. A presença mais marcante de fácies de leques, junto deste limite, é um argumento favorável a esta interpretação.

A sul, o domo de Pitanga também é considerado como limite e interpretado como uma barreira estrutural, responsável pelo barramento da drenagem e acumulação de sedimentos a montante (BJÖRNBERG & LANDIM, 1966; FULFARO & SUGUIO, 1968; PENTEADO, 1976). Analisando a extensão, além dos limites da Folha Rio Claro, BJÖRNBERG *et al.* (1964) mostram uma seção colunar, numa voçoroca, próxima à cidade de São Pedro, composta por sedimentos bastante semelhantes aos descritos, posteriormente, como Formação Rio Claro.

O limite SE pode ser associado a uma barreira estrutural/litológica, marcada por uma zona bastante tectonizada, onde se encontra o Ribeirão Claro, e pela presença marcante de intrusivas básicas, hoje destacadas na topografia. No perfil da ferrovia, no Jardim Paulista, até próximo do Ribeirão Claro, pode ser observado que o contato basal da unidade se eleva para SE em cerca de 20 m em 4 km.

Ao analisarmos estes limites tectônicos, optamos por atribuir-lhes um papel destacado na preservação destes sedimentos e na instalação e configuração da rede

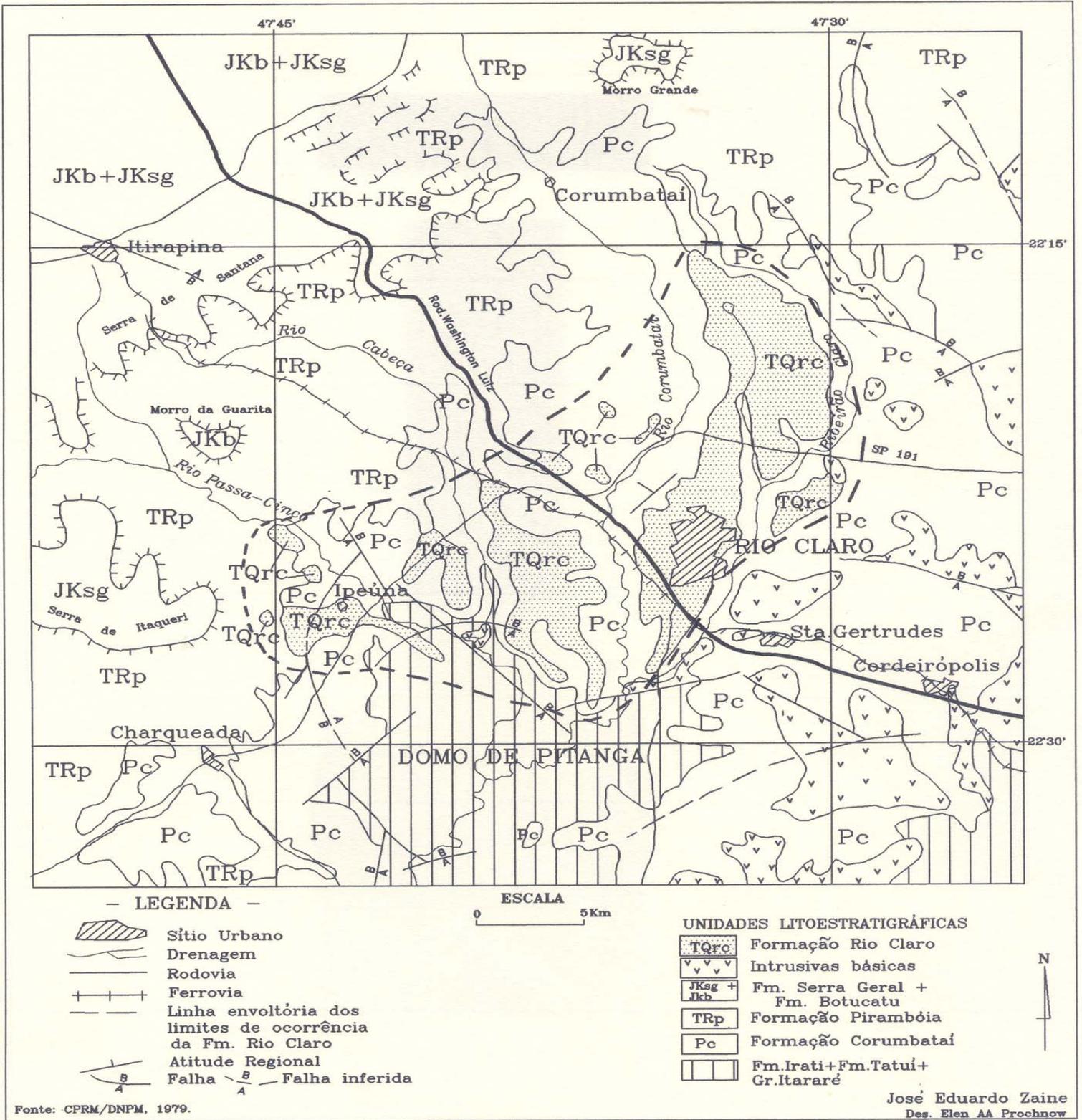


Figura 15 - Síntese Geológico-Estrutural da Região de Rio Claro - SP.

de drenagem atual. Não podemos, porém, desconsiderar a hipótese de acumulação (IPT, 1983), como referência a depósitos controlados por soleiras locais.

Analisando, regionalmente, a distribuição espacial dos corpos de intrusivas básicas, podemos definir dois conjuntos de soleiras e diques de diabásio, posicionados, preferencialmente, em dois horizontes estratigráficos.

O primeiro grupo é representado pelas intrusões do Morro Azul (Limeira), sul de Santa Gertrudes, Horto Florestal e outras acompanhando a vertente esquerda (leste) do Ribeirão Claro, com vários diques com orientação NW associados. Este conjunto de intrusões circunda e limita a área de ocorrência da Formação Rio Claro. Estratigraficamente, se posicionam cortando a Formação Corumbataí, mais para o topo desta, pois, em alguns locais ocorrem associados arenitos da Formação Pirambóia, nas elevações mais proeminentes (>750 m). Manchas de solo arenoso no Horto Florestal podem ser indícios desta unidade mesozóica.

Um segundo horizonte, inferior, posicionado estratigraficamente abaixo, junto à Formação Irati, pode ser caracterizado como uma soleira que, na Folha Rio Claro, aflora nos leitos dos rios Corumbataí, Passa Cinco, Cabeça e registra de 80 a 100 m de espessura. Regionalmente, há outras ocorrências de maior expressão, mais a leste da área, como o *sill* de Cordeirópolis e nas proximidades da cidade de Araras (Fig. 15).

A partir destas considerações, podemos propor uma evolução morfotectônica envolvendo, desde a sedimentação da Formação Rio Claro até a modelagem do relevo atual:

a) "Fase Erosiva":

Formação de uma superfície de erosão relativamente nivelada, com irregularidades locais e caimento de N para S, NW para SE e também SE para NW, sobre a qual se assentou a Formação Rio Claro. Esta superfície caracteriza uma discordância angular, ou seja, cortando em bisel as camadas das formações Corumbataí e Irati. O contato pode ser marcado pela presença de conglomerados com clastos destas unidades.

Esta superfície "pré-Rio Claro" seria formada após a estruturação do domo de Pitanga, podendo-se ainda inferir que esta fase erosiva registraria a ação de agentes modeladores numa área com movimentos ascendentes.

b) "Fase Depositional":

Com o recuo da linha de cuestas há formação generalizada de depósitos pela Depressão Periférica, porém, de continuidade física duvidosa e podendo pertencer a vários eventos de sedimentação, provavelmente, posteriores ao Eoceno e pequenos embaciamentos localizados. Tais depósitos são descritos na literatura como Formação Rio

Claro e "depósitos correlatos". No caso da Formação Rio Claro, na região homônima, acreditamos que esta possa estar selando este ciclo deposicional, podendo, ainda, ser aventada a hipótese de uma superfície deposicional ou uma superfície de assoreamento desta pequena bacia. Este horizonte representaria a "superfície Rio Claro (Neogênica II)" de PENTEADO (1976).

Nesta fase haveria um desequilíbrio generalizado da área-fonte, com amplo fornecimento de material proveniente da erosão, principalmente, das formações Pirambóia e Botucatu, o que corrobora com a hipótese de um "entulhamento da Bacia Rio Claro".

c) "Fase Erosiva/ Modelagem do relevo atual":

Este estágio marcaria o rebaixamento do nível de base e conseqüente retomada da erosão, com a instalação da Bacia hidrográfica do Rio Corumbataí e modelagem do relevo atual, quando teria ocorrido o rompimento de barreiras estruturais/litológicas com a dissecação do relevo, até então aplainado. A história deste entalhe pode ser recomposta pelo registro de depósitos de retrabalhamento da Formação Rio Claro e de terraços alçados, já descritos por PENTEADO (1976). Também pode ser associada a esta fase a formação de colúvios, crostas e carapaças de lateritas ferruginosas (variações climáticas), ligada a um intenso e profundo processo pedogenético concomitante.

A partir da análise dos dados levantados em campo, a presença de falhas cortando estratos da Formação Rio Claro atesta um tectonismo ativo durante o Cenozóico, na região.

Pela análise estrutural, com base na interpretação de estereogramas de fraturas e falhas, podemos concluir que estes planos de discontinuidades e seus movimentos representam regimes tectônicos distintos, gerados por dois episódios, sendo um distensivo e outro transcorrente.

FACINCANI *et al.* (1994), em estudo realizado na região de Ipeúna - São Pedro, identificam e agrupam dois conjuntos de falhas: um de caráter normal e outro transcorrente, com relações que mostram o truncamento das falhas normais pelas transcorrentes, indicando serem as movimentações horizontais mais recentes. Estes autores admitem a hipótese de as falhas normais terem se formado sob um regime distensivo pré-atual, ao qual se vinculam os diques de diabásio, e que as falhas transcorrentes cortam depósitos coluvionares e aluvionares na região, conforme descrito também por RICCOMINI *et al.* (1991).

Desta forma, interpretando os dados obtidos neste trabalho à luz dos trabalhos mais recentes (RICCOMINI *et al.*, 1991; SAADI *et al.*, 1991; HASUI & MIOTO, 1992; FACINCANI *et al.*, 1994), podemos concluir que as falhas normas e intrusões básicas corresponderiam a um regime distensivo associado à Reativação Sul-Atlantiana (Mesozóico/Paleogeno), e que as falhas transcorrentes corresponderiam a manifestações neotectônicas (Neogeno/Quaternário) e seriam geradas por esforços intraplaca, ligados ao afastamento dos continentes.

A história tectônica aponta uma idade mais antiga para a Formação Rio Claro do que tem sido admitido, devendo remotar, pelo menos, ao Mioceno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A..N. (1954)- A geomorfologia do Estado de São Paulo. Aspectos geográficos da terra bandeirante. *IBGE, CNG*, 92p.
- AB'SABER, A..N. (1955)- Problemas paleogeográficos do Brasil de sudeste. *Anuário da Faculdade de Filosofia "Sede Sapientiae"*, Universidade Católica de São Paulo: 79-96.
- AB'SABER, A..N. (1969)- A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica da Bacia do Paraná. Instituto de Geografia -USP, **Geomorfologia**, 15. 15p.
- ALMEIDA, F.F.M. de & BARBOSA, O. (1953)- Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*, **143**, 96p.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1952)- Novas ocorrências de camadas supostas Pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. *Boletim Sociedade Brasileira Geologia*, **1**: 53-58.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1964)- Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim Instituto Geográfico e Geológico*, **41**: 167-263.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1967)- Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*, **241**: 36p.
- ALMEIDA, F.F.M. de (1976)- The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONTINENTAL MARGINS OF ATLANTIC, São Paulo, 1975. *Proceedings...* São Paulo, A.B.C., *Anais Academia Brasileira de Ciências*, **48** (Suplemento): 15-26.
- ANDRADE, S.M. & SOARES, P.C. (1971)- Geologia de semi-detalle do centro-leste do Estado de São Paulo. Ponta Grossa, Petrobrás. (Relatório interno, DESUL, 407).

- ASMUS, H.E. (1975)- Controle estrutural da deposição mesozóica da margem continental brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, **5** (3): 160-175.
- BARBOSA, O. & GOMES, F.A. (1958)- Pesquisa de petróleo na Bacia do Rio Corumbataí. Rio de Janeiro. *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*, **171**: 40p.
- BARCELLOS, J.H. *et al.* (1983)- A Formação Itaqueri: um exemplo de tectofácies. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4., São Paulo, 1983. *Atas...* São Paulo, SBG, v.1, p.245-252.
- BJORNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. (1964c)- Novas observações sobre a tectônica moderna do leste do Estado de São Paulo. (Tese, Congresso Brasileiro de Geologia - Poços de Caldas, MG).
- BJÖRNBERG, A.J.S.; LANDIM, P.M.B.; MEIRELLES, G.M.F. (1964a)- Restos de plantas modernas em níveis elevados na região de Rio Claro - São Paulo. *Boletim Escola Engenharia de São Carlos*, Universidade de São Paulo. **Geologia 11**: 37-57.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; MACIEL, A.C.; GANDOLFI, N. (1964b)- Notas sobre os depósitos modernos da região de Rio Claro - São Paulo. *Boletim Escola Engenharia de São Carlos*, Universidade de São Paulo. **Geologia 11**: 21-36.
- BJÖRNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N. (1974)- Falhamentos recentes na região de São Carlos, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v.6, p. 241-243.
- BJÖRNBERG, A.J.S. & LANDIM, P.M.B. (1966)- Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neoceno-zóico). *Boletim Sociedade Brasileira Geologia*, **15** (4): 43-67.
- BJÖRNBERG, A.J.S. (1965)- Sedimentos pós-cretáceos do leste do Estado de São Paulo. São Carlos, SP. 133p. (Tese Livre Docência - Escola de Engenharia de São Carlos/USP).
- BJÖRNBERG, A.J.S. (1969)- Contribuição ao estudo do Cenozóico paulista: tectônica e sedimentologia. São Carlos, SP. 126p. (Tese Livre Docência - Escola de Engenharia de São Carlos/USP).

- BRASIL. DNPM (1979)- Projeto Sapucaí, Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; relatório final de geologia, por L.Q.KAEFER e outros. Brasília, DNPM/CPRM, Superintendência regional de São Paulo. 199p.
- BRASIL. DNPM (1984)- *Léxico Estratigráfico do Brasil*. Coord. M.B. BATISTA; O.P.G. BRAUN; D.A.. CAMPOS. Brasília. p.352.
- BRIGHETTI, J.M.P. (1994)- Faciologia dos sedimentos da Formação Pirambóia na região de Rio Claro (SP). Rio Claro, SP. 124p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP).
- CABRAL JR., M. (1991)- Avaliação do potencial metalogenético da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo para depósitos sedimentares fosfáticos, evaporíticos e de metais-base. Rio Claro, SP. 238p. (Dissertação de Mestrado- Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP).
- CAMPOS, J.O. (1979)- Formação Rio Claro - aspectos geotectônicos. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. *Atas...* Rio Claro, SBG, p.35-49.
- COTTAS, L.R. (1983)- Estudos geológico-tectônicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro - SP. São Paulo, 171p. 2v. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- DAEMON, R.F. & QUADROS, L.P. (1970)- Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 24., Brasília, 1970. *Anais...* Brasília, SBG, v.1, p.359-412.
- FACINCANI, E.M.; HASUY, Y.; SANTOS, M. dos; RUEDA, J.R.J.; MATTOS, J.T. de (1994)- Influência das estruturas e tectônica na gênese e evolução das boçorocas da região de São Pedro, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú, 1994. *Boletim Resumos Expandidos...* Camboriú, SBG. v.2, p. 278-279.
- FERREIRA, F.J.F. (1982)- Alinhamentos estruturais-magnéticos da região centro-oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. In: *Geologia da Bacia do Paraná. Reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos*. São Paulo: PAULIPETRO, Consórcio CESP/IPT, p.143-166.

- FRANÇOSO, S.C.; AILLAUD, C. & QUEIROZ NETO, J.P. (1974) Depressões doliniformes do platô de Itapetininga, SP. Tentativa de interpretação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v.1, p.85-90.
- FREITAS, R.O. de (1951)- Sobre a origem da Bacia de São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, **9**: 60-64.
- FREITAS, R.O. de *et al.* (1979)- Projeto de levantamento geológico de formações superficiais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979, *Atas...* Rio Claro, SBG, v.2, p.263-277.
- FULFARO, V.J.; GAMA JR, E.; SOARES, P.C. (1980)- Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo: PAULIPETRO, Consórcio IPT/CESP (Relatório 008/80).
- FULFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA F<sup>o</sup>. E.E.; BARCELOS, J.H. (1984)- A Formação Tatuí (P) no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v.2, p. 711-724.
- FULFARO, V.J.; LANDIM, P.M.B.; ELLERT, N. (1967)- A tectônica das serras de Santana e São Pedro (Serra Geral). *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, **26**. p.57 (resumo das comunicações).
- FULFARO, V.J. & BARCELLOS, J.H. (1989)- Movimentações verticais e a evolução da Depressão Periférica e escarpa da Serra Geral em São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1., Rio de Janeiro, 1989. *Boletim de Resumos...* Rio de Janeiro, SBG, p.109-110.
- FULFARO, V.J. & SUGUIO, K. (1968)- A Formação Rio Claro (Neo-cenozóico) e seu ambiente de deposição. *Boletim Instituto Geográfico e Geológico*, **20**: 45-60.
- FULFARO, V.J. & SUGUIO, K. (1974)- O Cenozóico Paulista: gênese e idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA , 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v.1, p.91-101.
- FULFARO, V.J. (1979)- O Cenozóico da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro. *Atas...* Rio Claro, SBG, v.1, p.231-241.

- FULFARO, V.J. *et al.* (1982)- Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **12** (4):590-610.
- GAMA JR, E.G.; BANDEIRA JR, A.N.; FRANÇA, A.B. (1982)- Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central das Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **12** (4): 578-589.
- GAMA JR, E.G. (1979)- A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati): um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, **9** (2): 1-16.
- GUERRA, A.T. (1980)- *Dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro. Fundação IBGE. 446p.
- HASUI, Y. & MIOTO, J.A.. (1992)- *Geologia Estrutural Aplicada*. (coordenadores). São Paulo, ABGE - VOTORANTIM, 1. ed. 126p.
- HASUI, Y. & PONÇANO, V.L. (1978)- Geoestruturas e sismicidade no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., São Paulo, 1978. *Anais...* São Paulo, ABGE, v.1, p. 331-338.
- HASUI, Y. (1990)- Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. *Boletim Sociedade Brasileira Geologia*, Núcleo Minas Gerais, **11**: 1-31.
- HASUI, Y. *et al.* (1978) - Os falhamentos e a sismicidade natural da região das serras da Mantiqueira e do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., São Paulo, 1978. *Anais...* São Paulo, ABGE, v.1, p. 353-357.
- HASUI, Y. *et al.* (1989) - Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo. (IPT, Relatório n° 27.394).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT (1980)- Tectônica da Bacia do Paraná. São Paulo. (IPT. Relatório, 14.091).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT (1981a)- Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - escala 1:1.000.000. São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 2v. (IPT, Série Monografias, 6).

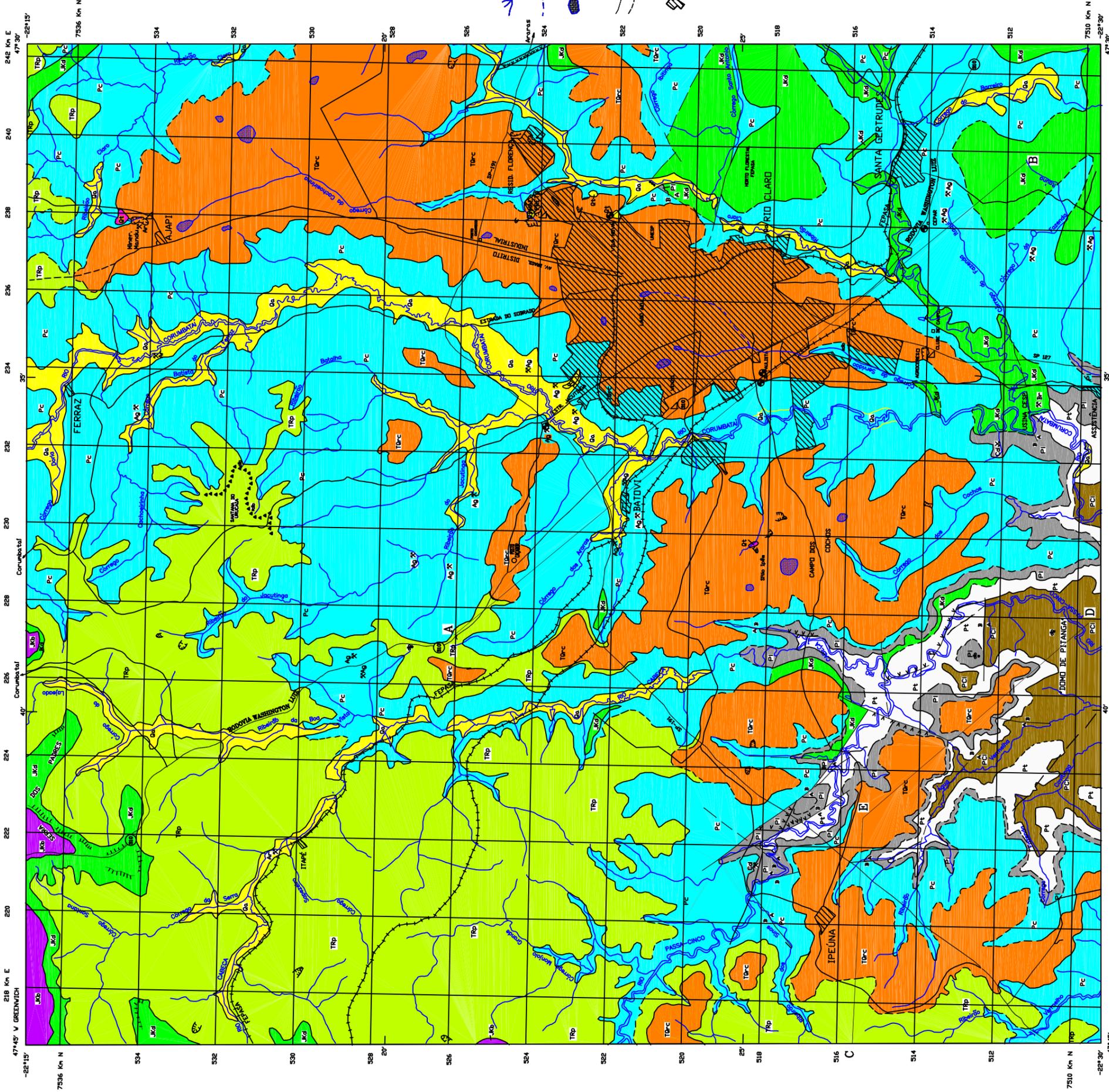
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT (1981b)- Mapa Geológico do Estado de São Paulo - escala 1:500.000. São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 2v. (IPT, Série Monografias, 6).
- LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C.; GAMA JR., E. (1980)- Estratigrafia do nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. Curso de especialização: Convênio IPT-UNESP (inédito). 45p.
- LANDIM, P.M.B. (1970)- O Grupo Passa Dois na Bacia do Rio Corumbataí (SP). *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*. **252**, 103p.
- MELO, M.S. & PONÇANO, W.L. (1983)- Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT/Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 74p. il. (IPT, Série Monografias, 9).
- MENDES, J.C. (1952)- A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí (Estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). *Boletim Faculdade Filosofia, Ciências e Letras*, Universidade de São Paulo, **145**. *Geologia* **8**: 119p.
- MEZZALIRA, S. (1959)- Nota preliminar sobre as recentes descobertas no Estado de São Paulo no período 1958/59. *Revista Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, **2**:1-9.
- MEZZALIRA, S. (1962)- Novas ocorrências de vegetais fósseis cenozóicos no Estado de São Paulo. *Revista Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, **15**: 73-94
- MEZZALIRA, S. (1989)- *Os fósseis do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Geológico. 2.ed. Série Pesquisa. 142p.
- MONTEIRO, C.A.F. (1973)- *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo*. Instituto de Geografia - USP, São Paulo. 130p.
- MORAES REGO, L.F. (1930)- A Geologia do Petróleo no Estado de São Paulo. *Boletim Serviço Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, **46**, 110p.
- MOTTA, J.F.M. (1991)- Avaliação do potencial geológico para argilas plásticas para cerâmica branca no Estado de São Paulo. Rio Claro, SP. 177p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP).

- OKA-FIORI, C. (1987)- Mapeamento de formações superficiais entre Piracicaba e São Carlos (SP). *Boletim Paranaense de Geociências*, **37**: 53-64.
- OKA-FIORI, C. e SOARES, P.C. (1976)- Aspectos evolutivos das vossorocas. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **16** (32): 114-124.
- OLIVEIRA, E.G. (1987a)- Formação Rio Claro - caracterização de uma área para utilização na indústria de vidro e fundição. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6., Rio Claro, 1987. *Atas...* Rio Claro, SBG, v.2, p.401-412.
- OLIVEIRA, E.G. (1987b)- Recuperação ambiental - compatibilização entre trabalhos de mineração e uma área degradada por boçoroca. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6., Rio Claro, 1987, *Atas...* Rio Claro, SBG, v.2, p.437-447.
- PENTEADO, M.M. (1968)- Implicações tectônicas na gênese das cuevas da Bacia de Rio Claro (SP). *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **8** (15): 19-41.
- PENTEADO, M.M. (1969a)- A bacia de sedimentação de Rio Claro - Estado de São Paulo. *Geographica*, Lisboa, **17**: 38-61.
- PENTEADO, M.M. (1969b)- Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos ("stone lines"). *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **9** (17): 15-41.
- PENTEADO, M.M. (1976)- Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista. Tese de Doutorado. Instituto de Geografia USP. Série Teses e Monografias nº 22.
- PENTEADO-ORELLANA, M.M. (1981)- Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro (SP). *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **21** (42): 23-56.
- PERINOTTO, J.A.J. (1987)- Análise estratigráfica da seqüência portadora de carvão de Cerquilha (SP). São Paulo. 76p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- PERINOTTO, J.A.J. (1992)- Análise estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil. Rio Claro, SP. 2v. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP).

- POTTER, P.E. (1994)- How old is a river? How old are South America's rivers? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG, v.3, p.198.
- RICCOMINI, C.; MANCINI, F.; HASEBE, F.K.; RIDENTE JR, J.L.; SANTANNA, L.G.; FAMBRINI, G.L. (1991)- Evidências de neotectonismo no vale do Rio Passa Cinco, Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., São Paulo, 1991. *Atas...* São Paulo, SBG, p.27-28.
- RICCOMINI, C. (1992)- Evidências geológicas de atividade neotectônica no Estado de São Paulo e regiões adjacentes. *Boletim IG-USP*. Publ. Esp. nº12.
- RIO CLARO (1992)- Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Rio Claro - SP. Lei Municipal nº 2492/92, Mapa P-II-2.
- SAAD, A.R. (1977)- Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo. São Paulo. p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- SAADI, A.; HASUI, Y.; MAGALHÃES, F.S. (1991)- Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., Rio Claro, 1991. *Boletim Resumos Expandidos...* Rio Claro, SBG, p.105-107.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A.. (1974)- Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v.1, p. 41-65.
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D.A.. (1984)- A evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coord.)- *Geologia do Brasil* - Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da sua área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1: 2.500.000. Brasília, MME/DNPM, p. 9-53.
- SEPE, P.M. (1990)- Comportamento do Aquífero Itararé no Município de Piracicaba e áreas vizinhas. Rio Claro, SP. 182p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP - Campus de Rio Claro).

- SILVA, R.B.; ETCHEBEHERE, M.L.D.C.; SAAD, A.R.; ZAINE, J.E.; RAMOS, R.G.N. (1990)- O Alto Estrutural de Vera Cruz - Garça, Estado de São Paulo. *Geociências*, UNESP, São Paulo, **176** (n<sup>o</sup>esp.): 279-298.
- SIMÕES, M.G. & FITTIPALDI, F.C. (1992) - *Fósseis da região de Rio Claro*. Rio Claro, Arquivo do Município. 77p.
- SOARES, P.C. (1972)- O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais Academia Brasileira Ciências*, **44**: 333-342 (suplemento).
- SOARES, P.C. (1973)- Nota sobre a tectônica moderna na Depressão Periférica Paulista. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **13** (25): 75-81.
- SOARES, P.C. e LANDIM, P.M.B. (1976)- Depósitos Cenozóicos na região Centro-Sul do Brasil. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **16** (31): 17-39.
- SOUZA, P.A.; LIMA, M.R.; SAAD, A.R. (1990)- Palinologia dos carvões do Estado de São Paulo, Brasil: o carvão de Buri. *Revista Paleobotânica Latinoamerica*, **9** (1), p.55.
- TRICART, J. (1949)- O relevo de cuevas. *Boletim Geográfico*, Ano VII, n<sup>o</sup> 79 e 81. Rio de Janeiro. Trad. O. VALVERDE, p.1002-1035.
- VIEIRA, P.C. (1982)- Hipótese sobre a origem da Depressão Periférica Paulista. *Revista Instituto Geológico*, **3** (2):61-67.
- WASHBURNE, C.W. (1930)- Petroleum Geology of the State of São Paulo. São Paulo, *Boletim Comissão Geográfica e Geológica*, **22**, 272p.
- ZAINE, J.E. & PENTEADO-ORELLANA, M.M. (1994)- APA Piracicaba no Município de Rio Claro, SP: Proposta de mudança com base em critérios geomorfológicos e políticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG, v.1, p.488.
- ZALÁN, P.V.; WOLF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANATTO, O.A.. (1987)- Tectônica e Sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. *Atas...* Curitiba, SBG, v.1, p. 441-477.

# MAPA GEOLÓGICO – FOLHA RIO CLARO



## LEGENDA

### UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

- CENOZÓICO**
- Depósitos tecnogenéticos/de assoreamento, relacionados à ocupação urbana
  - Depósitos aluvionares
  - Depósitos de terraços com turfa associada
  - Formação Rio Claro

### MESOZÓICO

- Grupo São Bento**
- Intrusivas básicas associadas à Formação Serra Geral
  - Formação Botucatu
  - Formação Pirambóia

### PALEOZÓICO

- Grupo Passa Dois**
- Formação Corumbataí (Permiano)
  - Formação Itararé (Permiano)
- Supergrupo Tubarão**
- Formação Tatui (Permiano)
  - Grupo Itararé (Permo-Carbonífero)

### CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- Drenagem
- Drenagem canalizada

### CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato definido, inferido, encoberto
- Falha definida, inferida, encoberta
- Dique de diabásio
- Ocorrência localizada de diabásio
- Concreções lateríticas ferruginosas
- Relevo escarpado
- Vulcão

### Rede viária:

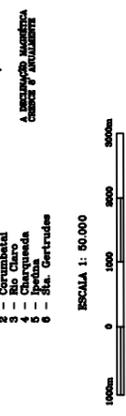
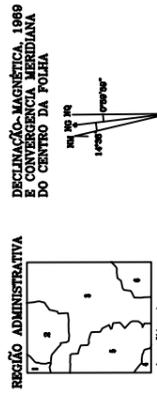
- pavimentada
- não pavimentada

### Área urbana

- 

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Coordenadas	Nome
218 Km E - 47°45' S	FERRAZ
220 Km E - 47°45' S	COMUNICATAÍ
222 Km E - 47°45' S	PARAÍSO
224 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
226 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
228 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
230 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
232 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
234 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
236 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
238 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
240 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO
242 Km E - 47°45' S	BOQUEIRÃO



Mapa geológico elaborado a partir de levantamentos de campo (área da Formação Rio Claro e entorno), fotointerpretação e compilação dos mapas:  
 a. IG 1:50.000, 1979, mapeamento de coberturas superficiais  
 b. PAULLEIRO, 1979 (Domínio de Pitanga) 1:25.000  
 c. Trabalhos de graduação - UNESP na região do Domínio de Pitanga  
 d. COTTAS, 1983 (Área urbana) 1:20.000

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - UNESP/1984  
 JOSÉ EDUARDO ZAINE