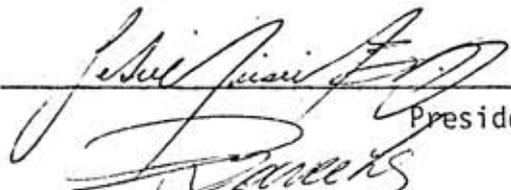


1. Publicação nº <i>INPE-2661-TDL/119</i>	2. Versão	3. Data <i>Mar., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DRH-DSR</i>	Programa <i>FRH/SER</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>GRUPO BAURU MAPEAMENTO REGIONAL SENSORIAMENTO REMOTO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:550.8:528.4(816.12)</i>			
8. Título <i>INPE-2661-TDL/119</i>		10. Páginas: <i>114</i>	
MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO GRUPO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO, ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT		11. Última página: <i>A.1</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Antonio Misson Godoy</i>		<i>Marx Prestes Barbosa</i> Marx Prestes Barbosa	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por	
		<i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor	
14. Resumo/Notas <p><i>O presente trabalho consiste no mapeamento das áreas de ocorrência do Grupo Bauru no Estado de São Paulo, que se concentram principalmente no Planalto Ocidental Paulista. Compreende o Mapeamento Geológico Regional na escala 1:250.000, através do uso de imagens MSS/LANDSAT. A interpretação visual das imagens consistiu basicamente na identificação e análise das diferentes características espectrais utilizando-se os canais 5 e 7, os quais apresentam uma melhor resposta para a diferenciação das unidades geológicas que constituem este Grupo. Complementando os estudos das imagens, realizou-se uma etapa de tratamento automático no Analisador I-100, com a finalidade de auxiliar a extração de informações, principalmente em áreas de difícil caracterização na interpretação visual. Através das características regionais fornecidas pelas imagens MSS/LANDSAT, aliadas a estudos litoestratigráficos efetuados nas áreas de ocorrência destes sedimentos, foi possível a homogeneização dos critérios para subdivisão deste Grupo; obteve-se assim uma distribuição espacial das unidades mapeadas para todo o Estado de São Paulo, correlacionando-as à divisão estratigráfica proposta em 1980 por Soares et alii para o Grupo Bauru: Formação Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.</i></p>			
15. Observações <i>Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto aprovada em 31 de agosto de 1982.</i>			

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

Dr. Getúlio Teixeira Batista



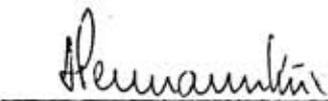
Presidente

Dr. José Humberto Barcelos



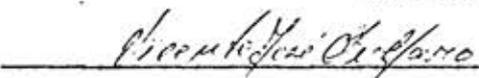
Orientador

Dr. Hermann Kux



Co-Orientador

Dr. Vicente José Fulfaro



Membro da Banca
-convidado-

Geól. Marx Prestes Barbosa, MSc.



Membro da Banca

Candidato: Antonio Misson Godoy

São José dos Campos, 31 de agosto de 1982

*Aos meus pais, irmãos, esposa
e filhos: RENATA e EDUARDO*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), aos Departamentos de Mineralogia e Recursos Minerais e Geologia Geral e Aplicada (UNESP - Rio Claro), e aos colegas pelo apoio recebido.

Quero deixar registrados os meus sinceros agradecimentos ao Prof. Luiz Roberto Cottas, Prof. Jairo Roberto Jimenez e Dr. Herman Kux, e em especial ao Prof. Dr. José Humberto Barcelos e ao Geol. Marx Prestes Barbosa pela orientação, dedicação e amizade, sem as quais este trabalho não poderia atingir os seus objetivos, e a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a sua realização.

ABSTRACT

The present work deals with the results of mapping areas of occurrence of the Bauru Group in São Paulo State; with emphasis on the western plateau regions. Regional geological mapping was carried out on a 1:250.000 scale with the help of MSS/LANDSAT images. The visual interpretation of images consisted basically of identification of different spectral characteristics of the geological units using channels 5 and 7, which give the best response for this purpose. In addition, complementary studies were made for treatment of data with an Interactive Image (I-100) analyser in order to facilitate the extraction of information, particularly for areas where visual interpretation proved to be difficult. Regional characteristics provided by MSS/LANDSAT images, coupled with lithostratigraphic studies carried out in the areas of occurrence of Bauru Group sediments, enabled the homogenization of criteria for the subdivision of this group. Thus it was possible to obtain a spatial distribution of the mapped units for the entire State of São Paulo and to correlate these with the stratigraphic divisions: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina and Marília Formations proposed by Soares et alii in 1980.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>xi</i>
LISTA DE TABELAS	<i>xiii</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Generalidades	1
1.2 - Objetivos	2
1.3 - Justificativas	2
1.4 - Localização da área	3
1.5 - Aspectos fisiográficos	5
1.5.1 - Geomorfologia	5
1.5.2 - Clima	8
1.5.3 - Vegetação	10
1.5.4 - Solos	11
<u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS</u>	13
2.1 - Materiais	13
2.1.1 - Imagens LANDSAT	13
2.1.2 - Cartas topográficas	14
2.2 - Métodos	15
2.2.1 - Aquisição de imagem e bibliografia	16
2.2.2 - Critérios de interpretação das imagens	16
2.2.3 - Mapa geológico preliminar	18
2.2.4 - Trabalhos de campo	19
2.2.5 - Fotointerpretação final	19
2.2.6 - Tratamento automático de imagem	19
2.2.7 - Mapas geológicos e relatórios finais	29
<u>CAPÍTULO 3 - GEOLOGIA</u>	31
3.1 - Geologia regional	31
3.1.1 - Grupo Passa Dois	33
3.1.2 - Grupo São Bento	33
3.1.3 - Grupo Bauru	34
3.1.4 - Coberturas cenozóicas	34

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS</u>	37
4.1 - Trabalhos prévios	37
4.2 - Área geográfica, espessura e litologia	41
4.3 - Unidades fotolitológicas mapeadas	42
4.4 - Estratigrafia do Grupo Bauru	52
4.4.1 - Formação Caiuã	52
4.4.2 - Formação Santo Anastácio	56
4.4.3 - Formação Adamantina	60
4.4.4 - Formação Marília	65
4.5 - Processamento automático no analisador I-100	69
4.6 - Evolução geológica	81
<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES</u>	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICE A - MAPAS GEOLÓGICOS	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Mapa de localização da área	4
1.2 - Divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, modificado de Almeida (1964)	6
1.3 - Mapa de divisão climática do Estado de São Paulo	9
2.1 - Mapa de articulação de folhas topográficas e imagens LANDSAT	13
3.1 - Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paranã no Estado de São Paulo, baseado em Fiori (1977).....	32
4.1 - Correlação das classificações estratigráficas do Grupo Bauru	38
4.2 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do Pontal do Paranapanema, na escala 1:400.000	47
4.3 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do rio Aguapeí, na escala 1:400.000	49
4.4 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do Planalto de Marília, na escala 1:400.000	50
4.5 - Arenitos da Formação Caiuã na base do Morro do Diabo - Rodovia Teodoro Sampaio a Rosana	54
4.6 - Relevo constituído pelas Formações Santo Anastácio e Caiuã na região do Pontal do Paranapanema	57
4.7 - Arenitos da Formação Adamantina - Rodovia SP-463, próxima ao trevo de Jales	62
4.8 - Siltitos intercalados com níveis de arenitos argilosos da Formação Adamantina - Rodovia Birigui a Buritana (SP-461).	63
4.9 - Contato brusco entre as Formações Santo Anastácio e Adamantina - Rodovia SP-463, vale do rio São José dos Dourados	64
4.10 - Arenitos da Formação Marília - Rodovia Marília a Assis (SP-333)	67
4.11 - Relevo constituído pelas Formações Adamantina e Marília..	68
4.12 - Imagem 206-27 - Composição colorida dos canais 7 (vermelho), 5 (verde) e 4 (azul) pela sua multiplicação pelo fator 2	71
4.13 - Imagem 220-27 - Composição colorida falsa-cor dos canais 5 (vermelho), 6 (verde) e 7 (azul).....	72
4.14 - Imagem 220-27 - Aumento de contraste e composição colorida do canal 7 (vermelho), 6 (verde) e 5 (azul)	74

	<u>Pág.</u>
4.15 - Gráfico representativo da Função Discriminante	76
4.16 - Gráfico representativo da Função Discriminante	77
4.17 - Imagem 220-27 - área norte (Região de Dracena) Divisão de Intervalos de Intensidade	77

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Relação das imagens multiespectrais MSS do Satélite LANDSAT.	14
2.2 - Relação das folhas topográficas na escala 1:250.000	15
2.3 - Filtros bidimensionais curtos	23
4.1 - Características fotolitológicas das unidades do Grupo Bau ru	51
4.2 - Classes e matriz de classificação de áreas testes	78
4.3 - Matriz de classificação de áreas de treinamento	79
4.4 - Matriz de classificação de área teste-parâmetros Média-K..	80
4.5 - Matriz de classificação de área teste - SELATR - MAXVER ...	81

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - GENERALIDADES

O sensoriamento remoto ao nível orbital vem sendo utilizado em extensas áreas do Território Nacional para levantamentos geológicos regionais, principalmente através da utilização dos produtos dos satélites LANDSAT.

O presente trabalho visa o estudo e aplicações das imagens MSS do LANDSAT, no mapeamento das rochas sedimentares do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.

O Grupo Bauru ocupa uma área de cerca de 350.000 km², abrangendo partes dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Paraná; constitui um dos últimos eventos geológicos com extensa distribuição na Bacia do Paraná.

Litologicamente este Grupo é constituído por arenitos, arenitos argilosos, siltitos, argilitos, conglomerados, apresentando cimentação ou concreções carbonáticas em proporções variáveis e camadas de calcários arenosos restritas à região de Uberaba (MG) e Agudos (SP).

A divisão estratigráfica adotada neste trabalho corresponde às Formações já estabelecidas para o sudoeste do Estado de São Paulo: Formações Caiuã, Santa Anastácia, Adamantina e Marília. (Soares et alii, 1980).

Estes sedimentos do Cretáceo Superior ocupam a maior parte do Planalto Ocidental Paulista, com uma distribuição quase contínua, o que o torna de vital importância devido às suas excelentes condições de aquífero, bem como de substrato à implantação do desenvolvimento de todo oeste Paulista.

1.2 - OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é a elaboração do mapeamento geológico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo, na escala 1:250.000, que torna possível uma homogeneização de critérios na subdivisão estratigráfica e na distribuição espacial de suas unidades, com base em:

- Estudos e aplicações de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando basicamente Imagens LANDSAT MSS, na caracterização e diferenciação das unidades geológicas através de suas propriedades espectrais.
- Utilização de conceitos, definidos em trabalhos anteriores desta unidade sedimentar, aliados a novos dados obtidos no decorrer desta pesquisa, principalmente quanto aos aspectos litológicos e estratigráficos, objetivo primordial dos constantes trabalhos de campo efetuados durante este mapeamento.

1.3 - JUSTIFICATIVAS

A seleção do Grupo Bauru como área de trabalho foi baseada principalmente nos seguintes fatores:

- Necessidade de um mapa geológico de toda área de ocorrência desses sedimentos no Estado de São Paulo, com uma proposta estratigráfica única, bem como a caracterização litológica de suas subdivisões, em virtude de esses sedimentos ocuparem mais da metade da área do Estado e pelas suas excelentes condições como aquífero, indispensável para essa região em intenso desenvolvimento.
- Testar a potencialidade das imagens LANDSAT em áreas que apresentassem divergências quanto a problemas geológicos regionais, que pudessem ser definidos dentro dos objetivos desse trabalho, como a distribuição espacial das Formações do Grupo Bauru, em

função das diferentes subdivisões litoestratigráficas adotadas em trabalhos anteriores, em áreas do Estado de São Paulo.

1.4 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de trabalho abrange principalmente a região do Planalto Ocidental Paulista, bem como pequenas áreas de ocorrência desses sedimentos pós-basálticos que ultrapassam a leste esta unidade geomorfológica; está situada no Estado de São Paulo, entre os paralelos $19^{\circ}50'$ e $23^{\circ}00'$ sul e os meridianos $47^{\circ}30'$ e $53^{\circ}10'$ oeste.

Na divisão política do Estado esta área abrange as regiões administrativas 10 (Presidente Prudente), 9 (Araçatuba), 8 (São José do Rio Preto) e partes das regiões 11 (Marília), 7 (Bauru), 6 (Ribeirão Preto), 5 (Campinas) e 4 (Sorocaba).

Está definida ao norte pelo Rio Grande, ao sul pelo Rio Paranapanema e a oeste pelo Rio Paranã; a leste não há limite geográfico preciso, pois envolve o mapeamento de pequenas áreas de ocorrência destes sedimentos já na província das Cuestas Basálticas (Figura 1.1).

1.5 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

1.5.1 - GEOMORFOLOGIA

A área mapeada faz parte, em quase sua totalidade, da província geomorfológica V, denominada Planalto Ocidental por Almeida (1964); somente a leste aparecem pequenas áreas testemunho destes sedimentos pertencentes à província geomorfológica IV, denominada pelo mesmo autor "Cuestas Basálticas", dominada pelos derrames basálticos (Figura 1.2).

A região principal compreende o Planalto Ocidental, caracterizado a oeste das Cuestas Basálticas por chapadões que mergulham suavemente para W e NW, com altitudes geralmente inferiores a 700 m; as altitudes decrescem de leste para oeste, variando de 700 a 300 m.

A característica fundamental do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo é uma sucessão de campos ondulados, de relevo extremamente suavizado, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios que buscam as águas do rio Paraná (Suguio, 1973).

Localmente este relevo pode apresentar-se mais movimentado quando a erosão disseca o terreno, o que origina as frentes de paredões de arenito que margeiam platôs de topo excessivamente plano. Às vezes, esta topografia é tão dissecada e posteriormente aplainada que restam somente raros morros testemunho no meio de uma topografia de campos ondulados.

Estas áreas, topograficamente mais elevadas, com altitudes máximas de 700 m, são sustentadas pela unidade superior do Grupo Bauru, a Formação Marília, de constituição carbonática mais resistente à erosão. Constituem em duas principais áreas de ocorrência, ao sul o Planalto de Garça, que se prolonga para oeste em dois sentidos: um em direção à Pompeia, constituindo a Serra de Agudos, e outro no sentido de Echaporã, formando a Serra do Mirante.

Ao norte verifica-se o Planalto de Monte Alto, constituído por dois alongamentos, um com sentido noroeste-sudeste, formado pela Serra de Itambé, e outro no sentido norte-sul, constituído pela Serra de Jaboticabal.

Ambos os planaltos estão limitados por escarpas abruptas, com desníveis que vão de 50 a 100 m.

Topograficamente registra-se uma segunda feição morfológica que atinge as cotas de aproximadamente 500 m, feição esta constituída por extensos espigões em forma de longas e estreitas faixas, divisoras das principais bacias hidrográficas da região; estas faixas, representadas por litologias que oferecem maior resistência à erosão, são constituídas pelos arenitos da Formação Adamantina.

Quanto a este aspecto topográfico pode-se dividir a região em duas grandes áreas. Uma ao norte do rio Tietê, caracterizada por um relevo mais acidentado, em virtude de estes espigões se encontrarem em maior desnível em relação aos rios principais e por ser a área constituída basicamente pela Formação Adamantina. A outra, ao sul do rio Tietê, apresenta um modelado mais aplainado e suavizado, por estarem os centros das bacias hidrográficas situados geralmente na Formação Santo Anastácio, constituindo vales mais abertos com desníveis menores em relação aos espigões constituídos pela Formação Adamantina.

Na região do Pontal do Paranapanema verifica-se um relevo quase totalmente aplainado, que apresenta as menores cotas em torno de 300 m, em virtude da menor resistência à erosão oferecida pelas Formações Santo Anastácio e Caiuã. Destacam-se no relevo pequenos morros testemunho constituídos pela Formação Adamantina, sendo o Morro do Diabo o mais proeminente, com altitudes acima de 600 m, testemunho da antiga superfície de aplainamento correlacionada por Landin e Soares (1976) à superfície Sul-americana.

Geralmente, nos vales dos principais rios a denudação atinge os basaltos da Formação Serra Geral, que afloram em estreitas faixas paralelas aos fundos dos vales.

A região leste da área faz parte da província geomorfológica das "Cuestas Basálticas", constituídas por um relevo levemente ondulado e uniforme, cuja altitude varia de 700 a 400 m. Este relevo é formado basicamente pelos basaltos; localmente encontram-se pequenos espigões e morros isolados de sedimentos pós-basálticos.

O limite da ocorrência de sedimentos pertencentes ao Grupo Bauru estão relacionados a uma segunda feição topográfica desta unidade geomorfológica, às "Cuestas" de composição arenítico-basáltica, onde afloram as sequências pré-basálticas.

1.5.2 - CLIMA

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, enquadra-se entre AW e CWA, ou seja, entre o clima Tropical Úmido e o Subtropical Semi-úmido.

O clima AW, clima tropical úmido com estações chuvosas no verão e secas no inverno, apresenta uma estação chuvosa nos meses de outubro a abril, com índices de precipitação por volta de 1100 a 1300 mm, e uma estação seca que vai de maio a setembro, onde as precipitações são menores que 300 mm, apresentando nos meses quentes temperaturas acima de 25°C e nos meses frios, abaixo de 18°C.

O clima CWA, clima mesotérmico de inverno seco, apresenta temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente, superior a 22°C. O total de precipitação é quase idêntico ao do tipo AW, mas com invernos mais secos (Figura 1.3).

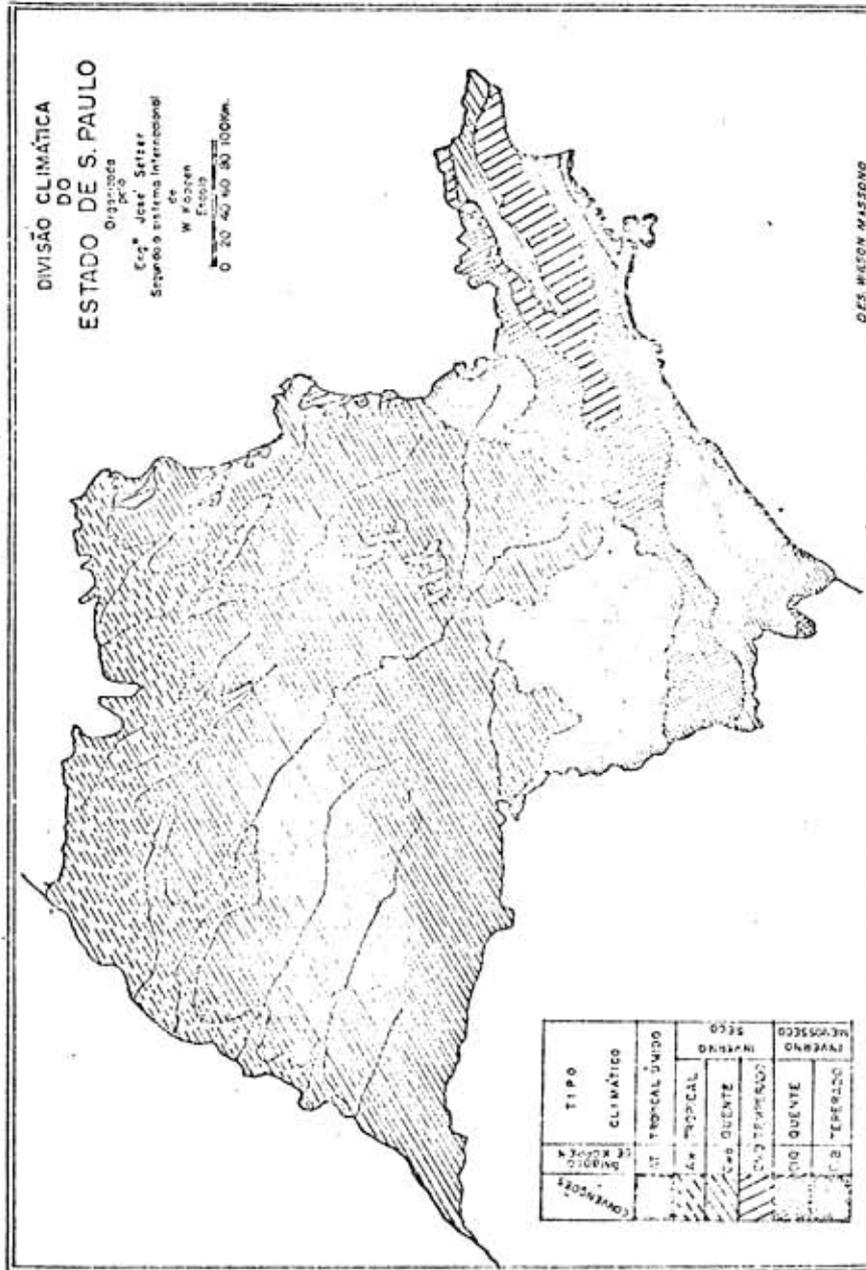


Fig. 1.3 - Mapa de divisão climática do Estado de São Paulo.

A distribuição das chuvas não é homogênea durante o ano; está concentrada nos meses de outubro a abril, havendo uma escassez de chuvas entre abril e setembro.

A estação chuvosa concentra cerca de 80% do total anual da precipitação, do qual 50% concentra-se nos meses de dezembro a fevereiro.

A estação seca perfaz portanto 20% do total anual, sendo agosto o mês mais seco.

A temperatura média anual da área é alta, com duas estações bem definidas: A estação chuvosa é quente, com médias mensais acima de 24°C a 25°C, sendo os meses de janeiro e fevereiro os mais quentes, com médias de 30°C. A estação seca é fria, com médias mensais em torno de 19°C, sendo frequentes em julho quedas bruscas na temperatura (DAEE, 1976).

O regime climático da área é influenciado em primeiro lugar, por massas de ar marítimas e, em segundo lugar, por massas de ar continentais.

As principais massas de ar que interatuam de forma diferente durante as estações do ano são: Massa de ar Tropical Continental, Massa Equatorial Continental, Massa de ar Polar e Massa Tropical Atlântica.

1.5.3 - VEGETAÇÃO

A vegetação característica de todo o oeste Paulista é a antiga Floresta Tropical Latifoliada, a qual ocorre nos dias atuais em pequenas manchas da floresta primitiva, nas baixadas dos rios e lugares de topografia mais acentuada, em virtude do desmatamento ocorrido com a ocupação humana.

O que predomina hoje em toda região é a substituição desta mata por atividades agro-pastoris, bem como por pequenas áreas de reflorestamento, ou às vezes por pequenas manchas de capoeiras ou de cerrados em áreas de topografia mais acentuada.

1.5.4 - SOLOS

Os principais grupos de solos que ocorrem na área são provenientes do Grupo Bauru, destacando-se os solos Podzolizados Vermelho-Amarelos variação Marília e Lins e o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa. Secundariamente aparecem os Latossolos Roxos no domínio dos basaltos da Formação Serra Geral e o Latossolo Roxo fase arenosa em estreitas faixas ao longo dos principais rios da região.

Os solos da região estão principalmente associados às diversas formações geológicas. Assim os Podzolizados Vermelho-Amarelos variação Marília encontram-se nos platôs da Formação Marília a partir de arenitos calcíferos, encontrando-se em alguns destes platôs terraços de recobrimento que se caracterizam pela presença de Podzolizados Vermelho-Amarelos variação Lins e os Latossolos Vermelhos escuros fase arenosa.

Na Formação Adamantina apresentam-se os Podzolizados Vermelho-Amarelos variação Lins e Marília, sendo dominantes os solos variação Lins. Em algumas porções do relevo onde a erosão é mais atuante e portanto os processos de lixiviação são mais intensos, apresentam-se Latossolos Vermelho-Amarelos fase arenosa.

Nas Formações Santo Anastácio e Caiuã, apresentam-se dominantes os Latossolos Vermelho-Amarelo-Escuros textura média para a Formação Santo Anastácio e fase Arenosa para a Formação Caiuã.

Apresentam-se também os latossolos correspondentes às diversas formações.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - MATERIAIS

A documentação básica utilizada neste trabalho foram as imagens MSS do satélite LANDSAT, do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), e as cartas topográficas na escala 1:250.000 (Figura 2.1).

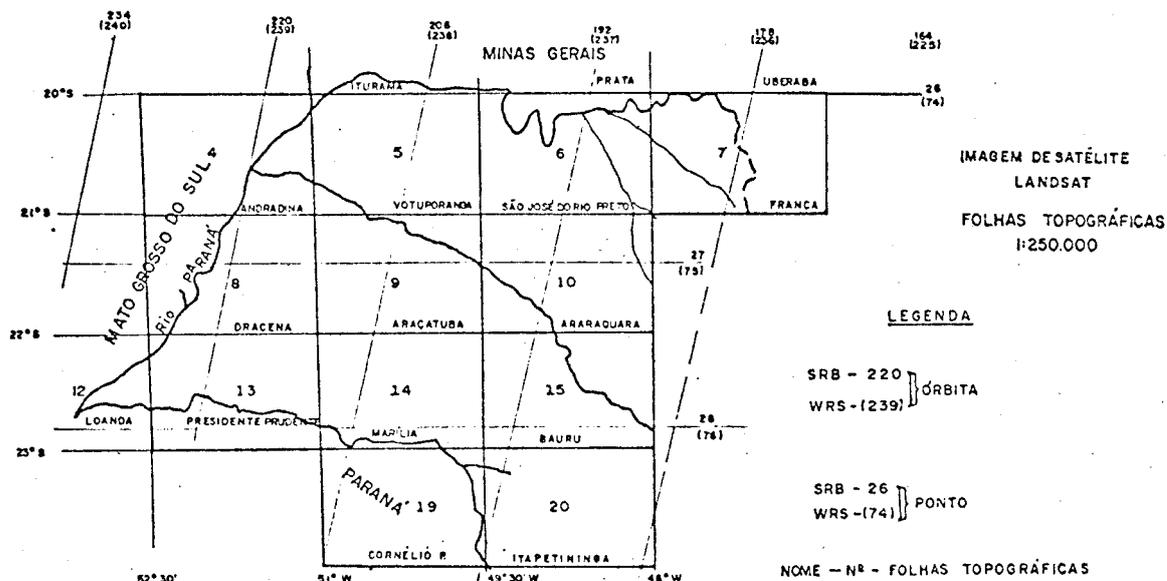


Fig. 2.1 - Mapa de articulação de folhas topográficas e imagens LANDSAT.

2.1.1 - IMAGENS LANDSAT

Para a realização do trabalho proposto foram utilizadas:

- Imagens MSS do LANDSAT (canais 5 e 7) na escala 1:250.000, em cópias de papel em mate de tons branco e preto.
- Fitas CCTs do LANDSAT.

As cenas utilizadas estão discriminadas na Tabela 2.1.

TABELA 2.1

RELAÇÃO DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS MSS DO SATÉLITE LANDSAT

DATA	ÓRBITA (SRB)	PONTO (SRB)	FORMA
30/07/79	220	28	C.Papel
22/06/79	192	28	C.Papel
29/07/79	206	28	C.Papel
30/07/79	220	27	C.Papel
08/06/80	206	27	C.Papel
22/06/79	192	27	C.Papel
03/06/79	178	27	C.Papel
30/07/79	220	26	C.Papel
29/07/79	206	26	C.Papel
07/06/80	192	26	C.Papel
03/06/79	178	26	C.Papel
01/04/79	178	28	C.Papel
17/06/75	206	27	CCT
27/08/77	220	27	CCT

OBS.: (SRB) - Sistema de Referência Brasileiro para localização da imagem.

2.1.2 - CARTAS TOPOGRÁFICAS

Foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:250.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para controle de campo, juntamente com as Imagens LANDSAT, e como folhas-base para transferência dos dados obtidos na interpretação das Imagens, e encontram-se discriminadas na Tabela 2.2.

TABELA 2.2

RELAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS NA ESCALA 1:250.000

NÚMERO OFICIAL	NÚMERO DA FOLHA NO MAPA ÍNDICE	NOME DA FOLHA	NOMENCLATURA
484	12	Loanda	SF - 22 -Y - A
485	13	Presidente Pru dente	SF - 22 -Y - B
463	8	Dracena	SF - 22 -Y - D
460	4	Andradina	SF - 22 -Y - B
448	1	Iturama	SE - 22 -Z - C
461	5	Votuporanga	SF - 22 -X - A
474	9	Araçatuba	SF - 22 -X - C
486	14	Marília	SF - 22 -Z - A
462	6	São José do Rio Preto	SF - 22 -X - B
465	10	Araraquara	SF - 22 -X - D
487	15	Bauru	SF - 22 -Z - B
463	7	Franca	SF - 23 -V - A
498	20	Itapetininga	SF - 22 -Z - D
449	2	Prata	SE - 22 -Z - D

OBS.: O número da folha no mapa índice pertence ao Inventá
rio Cartográfico do Estado de São Paulo.

2.2 - MÉTODOS

O trabalho desenvolvido no Estado de São Paulo é voltado para a investigação geológica regional, através de estudos das imagens LANDSAT, obedecendo às seguintes etapas:

2.2.1 - AQUISIÇÃO DE IMAGENS E BIBLIOGRAFIA

Para a aquisição das imagens LANDSAT, partiu-se da definição da escala do produto, bem como dos canais que apresentam melhor resposta espectral ao trabalho proposto.

Em função da repetitividade destes produtos, foi possível escolher, a partir de fotoíndices, imagens com certos padrões como: ausência de nuvens, ângulo de elevação do sol e épocas do ano, mais adequadas, o que auxiliou bastante na interpretação fotogeológica.

A revisão bibliográfica constituiu uma fase constante durante todo o trabalho, em função do grande número de informações sobre a área, e necessitou-se de uma atualização permanente sobre os dados acerca da região em estudo.

2.2.2 - CRITÉRIOS DE INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

A metodologia utilizada na interpretação fotogeológica corresponde aos procedimentos utilizados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) para mapeamentos geológicos regionais. Constituiu inicialmente na identificação e individualização de feições com características semelhantes e, posteriormente, a definição do significado geológico dessas feições.

Os procedimentos de interpretação fotogeológicas seguiram, no entanto, os critérios estabelecidos para as fotografias aéreas convencionais, através do reconhecimento dos elementos mais significativos na interpretação, tais como: elemento de textura, textura, estrutura, forma e tonalidade, os quais são definidos a seguir. Estes critérios sofreram algumas adaptações em virtude da diferença de escala de trabalho e da possibilidade de trabalhar conjuntamente com várias bandas espectrais, através dos produtos deste sensor.

- *Elemento de Textura* - é o menor elemento, com forma e dimensões definidas e distinguível na imagem fotográfica, possível de repetição (Riverau, 1972).
- *Textura* - corresponde ao padrão de arranjo dos elementos texturais, ou seja, é o modo de apresentação na imagem de um conjunto de feições unitárias, muito pequenas para serem distinguidas individualmente, denominados elementos texturais (Riverau, 1972).

O valor quantitativo tanto da textura de relevo como da textura de drenagem foi considerado a "densidade de textura", que pode ser definida como o número de texturas por unidade de área.

- *Estrutura* - é a lei que exprime ou define o padrão de organização no espaço dos elementos texturais, segundo uma disposição ordenada ou aleatória (Riverau, 1972).
- *Forma* - exprime a disposição espacial de elementos texturais com propriedades comuns (Riverau, 1972).

Através dos arranjos destes elementos definiram-se as formas de relevo e os padrões de drenagem, de modo a se enquadrarem em modelos de drenagem preestabelecidos inicialmente para fotografias aéreas convencionais (Howard, 1967).

- *Tonalidade* - é a variação de cinza com que um alvo é registrado num filme fotográfico; é dada pela reflectância do alvo, em uma determinada banda espectral, e está colocada numa escala de 16 níveis de tonalidade para cada canal das imagens LANDSAT.

É através da análise destes elementos que se definem as zonas homólogas formadas pela repetição dos mesmos elementos texturais e das mesmas estruturas.

Na interpretação das imagens, optou-se pelos canais 5 e 7, que forneceram melhores respostas espectrais para os estudos geológicos (INPE, 1980).

Inicialmente partiu-se para o traçado da rede de drenagem, de forma sistemática e uniforme, com o máximo de detalhamento possível na escala de trabalho, utilizando os canais 5 e 7.

Através das imagens do canal 7 foi possível o traçado dos cursos principais, mais nítidos nesta faixa de comprimento de onda, e através das imagens do canal 5, a complementação do traçado da rede hidrográfica. Em função do traçado da drenagem, podem-se ter inicialmente informações quanto às estruturas geológicas, e mais grosseiramente quanto aos limites das unidades fotolitológicas.

A segunda fase foi a delimitação de unidades texturais, identificação e delimitação de feições geomorfológicas e estruturais para ambos os canais; no canal 5 foram mais bem identificadas as unidades texturais por apresentarem um maior contraste tonal. Quanto aos aspectos morfológicos e estruturais, foram identificados com maior nitidez no canal 7.

A integração das diferentes características definidas para ambos os canais, aliadas aos critérios de fotointerpretação, permitiram a individualização e delimitação das zonas fotogeológicas, que constituíram um documento-base com as informações geológicas interpretadas, documento este elaborado fundamentalmente através da delimitação de zonas homólogas, constituídas por rochas com propriedades espectrais similares, necessitando portanto do levantamento de campo, para a comprovação das características identificadas.

2.2.3 - MAPA GEOLÓGICO PRELIMINAR

A fotointerpretação realizada na fase interior foi transferida para folhas bases na escala 1:250.000 do IBGE, associando às zonas fotogeológicas as unidades geológicas estabelecidas na literatura.

Através de uma análise preliminar foram fornecidos elementos para um planejamento direcionado nos trabalhos de campo, com vistas em atingir o objetivo do mapeamento geológico regional, bem como para a seleção de áreas que deveriam receber maior detalhamento nos trabalhos de campo, em virtude de problemas confrontados com a bibliografia existente e de áreas de difícil caracterização na interpretação das imagens.

2.2.4 - TRABALHOS DE CAMPO

A partir dos objetivos predeterminados na fase anterior, partiu-se para os trabalhos de campo direcionados à verificação das unidades e estruturas identificadas nas imagens. As observações de campo basearam-se em perfis ao longo das estradas, com observações litológicas, estruturais, solos, topografia e demais características que gradativamente definiram as unidades fotogeológicas identificadas na imagem.

2.2.5 - FOTOINTERPRETAÇÃO FINAL

A interpretação final das imagens foi realizada na área correspondente a cada etapa de campo e tornou-se contínua durante todo tempo despendido para efetuar a coleta necessária de informações da área em estudo.

Correlacionando os dados obtidos nas viagens de campo às unidades interpretadas na imagem, foram feitas modificações quando necessárias ao traçado inicial, até atingir uma perfeita caracterização de cada unidade mapeada.

2.2.6 - TRATAMENTO AUTOMÁTICO DE IMAGENS

O tratamento automático de imagens multiespectrais em sistemas eletrônicos tem a finalidade de auxiliar a interpretação de informações contidas em imagens.

A necessidade do tratamento automático decorre da grande quantidade de dados principalmente relacionados com os fenômenos dinâmicos, em intervalos de tempo frequentes. Por isso, segundo Leberl (1978), os agrônomos possuem uma grande aspiração para a automatização das interpretações de rotina; os geólogos, por sua vez, estudam essencialmente fenômenos estáticos, que necessitam de menor automatização e obviamente os resultados esperados podem ser mais difíceis de ser alcançados.

Segundo Dutra et alii (1981), o tratamento automático pode ser dividido em duas partes:

- *Processamento de imagens digitais*, cujo objetivo é facilitar a interpretação humana pela melhora da qualidade da imagem, realçando detalhes importantes.
- *Classificação de padrões*, onde são extraídas das imagens informações mais convenientes à interpretação automática, sem intervenção humana direta.

Um dos problemas do tratamento automático, segundo Landgreber em 1976 (Simonett and Lintz, 1976), é que somente a variação espectral mostrou-se mais viável para a análise automática, embora um grande esforço tenha sido feito na pesquisa básica de métodos para a análise automática de dados de imagens MSS, com base nas variações espaciais e temporais, de maneira que pudessem ser obtidos uma alta eficiência e um baixo custo do tratamento automático; entretanto, poucos métodos têm sido encontrados neste sentido.

Assim, nos trabalhos de análise através do tratamento automático deve-se sempre ter em mente que cada tipo de sensor procura investigar campos específicos de propriedades eletromagnéticas. Segundo Halborty (1976), é necessário deixar bem claro que em Geologia os dados de satélite não resolvem inteiramente problemas de exploração ou monitoramento; contudo, constituem um novo elemento de informação para

ser juntado ou reunido à tecnologia existente, permitindo assim o aumento da eficiência nas pesquisas.

No Instituto de Pesquisas Espaciais, o tratamento de imagens MSS é realizado através do Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais IMAGE-100 (I-100), produzido pela General Electric, cuja principal função é a extração de informações temáticas (classificação de padrões) e a secundária é a operação para realce (GE, 1975).

Baseado no princípio de que todos objetos possuem características espectrais únicas ou assinaturas, o I-100 utiliza programas especiais sobre o controle de um minicomputador para implementar algoritmos de extração de características.

Os programas de operação para realce (operações de pré-processamento) têm a finalidade de modificar uma imagem para "aumentar seu impacto sobre o observador, ampliando seu poder de discriminação" (Dutra et alii, 1981).

Entre os programas de pré-processamento, foram utilizados os seguintes durante a realização deste trabalho: Aumento de Contraste, Relação entre Canais, Função de Escalonamento, Filtros Bidimensionais Curtos e Principais Componentes de Imagens Multiespectrais.

a) *Aumento de Contraste*: tem a finalidade de realçar a imagem através de alteração dos valores dos níveis de cinza dos elementos de uma imagem, fazendo a imagem ocupar toda a faixa possível de níveis de cinza do visualizador.

O realce de contraste mais simples utilizado nesse trabalho foi feito de forma linear, onde o nível mínimo de cinza é levado ao extremo escuro, nível zero, e o nível máximo de cinza, ao extremo claro, nível 255; todos os outros níveis da imagem são distribuídos linearmente entre 0 e 255 (Dutra et alii, 1981). Além da opção linear existe a opção raiz quadrada, onde são realçados os "pixels" de nível

mais baixo e a opção de equidistribuição, que tenta colocar o mesmo número de "pixels" em iguais intervalos do histograma.

b) *Relação entre Canais* (divisão): é feita para cada "pixel" através da divisão do número digital em uma banda pelo seu correspondente em outra banda; este procedimento é utilizado para a eliminação de fatores multiplicativos e aditivos sobre dados característicos do alvo.

Uma das vantagens das divisões entre canais é a manipulação dos dados em três dimensões, pois dos quatro canais originais do MSS são obtidos três novos canais (4/5, 5/6, 6/7).

Segundo o manual do I-100 (GE, 1975), a relação entre canais deve ser feita com os canais adjacentes; por exemplo: os canais 6 e 7 do infravermelho no LANDSAT são frequentemente bem correlacionados, o que não ocorre quando se relacionam os canais 4 e 7 ou 4 e 6, dado que o efeito sobre o canal 4 é muito diferente do efeito sobre o canal 7, o que não permite a sua eliminação.

Além da divisão simples de um canal pelo outro, existe a razão entre canais adjacentes pela soma deles (DIFF/SUM) e a razão de cada canal pela soma de todos os canais (normalização).

c) *Função de Escalonamento*: permite ao usuário estabelecer determinados valores para os fatores de correção de escala utilizados normalmente para um conjunto de dados atípicos e/ou para eliminar condições de saturação de valores, ou seja, o aparecimento de valores maiores do que os limites estabelecidos.

O conjunto de valores nominais que devem ser estipulados no dispositivo de comando para dados típicos e para cada procedimento é 2°.

d) *Filtros Bidimensionais Curtos*: são utilizados para ressaltar aspectos da imagem caracterizados pela existência de bordas, assim como o relevo que é caracterizado pela transição de áreas sombreadas para áreas iluminadas, devido ao ângulo do sol ou às transições naturais como limites entre culturas agrícolas.

Portanto, as técnicas de filtragem digital podem realçar ou suavizar bordas e definir estruturas que muitas vezes se misturam, não aparecendo de forma definida na imagem original (Ribeiro et alii, 1980).

Segundo Rodrigues (1980), estes filtros são de 3 tipos e diferenciam-se entre si pela configuração da vizinhança do "pixel" central a ser filtrado (Tabela 2.3); além disso, implementam realce nas direções NE, NW, NS, EW e isotropicamente. O valor em tom de cinza de um "pixel" passará a ser considerado uma função dos pesos atribuídos empiricamente a si e aos seus vizinhos, por média obtida através de algoritmos específicos para cada filtro.

TABELA 2.3

FILTROS BIDIMENSIONAIS CURTOS

A B	D	D
ADB	AAA	ADA
DCD	BBBCBBB	BBBCBBB
BDA	AAA	ADA
B A	D	D

e) *Principais Componentes de Imagens Multiespectrais*: basicamente consiste na obtenção de novos canais sem informação redundante (não correlacionados) para auxiliar a interpretação visual dos dados MSS/LANDSAT. Segundo Dutra et alii (1981), estes novos canais são obtidos por certas combinações lineares dos canais originais (transfor

mações de Karhunen Loève) ou seja, através da rotação espectral dos quatro canais originais. Basicamente, o processo consiste em calcular uma matriz de covariância a partir da qual são calculados os "altos valores" ou "altos vetores".

Os altos vetores definem a direção dos eixos principal e secundário, e os altos valores fornecem uma medida da distribuição dos dados ou a variância de cada um dos eixos. A transposta da matriz dos altos vetores em escala aproximada é a matriz de rotação (GE, 1975).

Segundo Dutra et alii (1981), não se pode dizer a priori que as principais componentes de uma imagem são exatamente equivalentes às bandas originais para a interpretação visual de todos os tipos de feições, devido à natureza subjetiva da interpretação humana, ou seja, as principais componentes são bastante diferentes dos canais originais, sendo esta técnica uma das melhores maneiras de selecionar dados a serem associados às cores fundamentais para a produção de fotografias coloridas ou servirem de entrada para um classificador automático.

Ainda segundo (Dutra et alii, 1981), deve-se tomar cuidado quando forem aplicadas algumas técnicas de aumento de contraste, pois podem aparecer estruturas que realmente não existem na imagem original, o que causa erros na fotointerpretação.

A extração de informações temáticas foi realizada em suas duas formas implementadas no I-100: a supervisionada e a não-supervisionada.

A forma supervisionada difere da forma não-supervisionada pelo fato de serem as áreas de treinamento definidas pelo analista (Santos et alii, 1982).

Na forma supervisionada são utilizados algoritmos de classificação dos tipos:

1) Determinístico

Método do paralelepípedo (Dutra et alii, 1981; Lillesand and Kiefler, 1979) ou de aquisição de assinatura de célula única (GE, 1975), e o método de divisão em intervalos de intensidade (Dutra et alii, 1981) ou Grey Level Slicer (GE, 1975).

a) *Método do Paralelepípedo*: consiste na aquisição de assinatura de célula espectral simples ou única, que é realizada através de áreas de treinamento fornecidas pelo analista e identificadas pelo cursor.

O algoritmo fornece os histogramas das áreas de treinamento referentes a cada canal, com a possibilidade de modificar os seus limites inferior e/ou superior.

A finalidade desse algoritmo é verificar o comportamento espectral de cada alvo de interesse contido em uma imagem, em relação aos seus vizinhos.

b) *Divisão de intervalos de intensidade*: divide o histograma de um determinado canal em fatias de densidade de nível de cinza; a cada intervalo corresponde a uma cor distinta ou um símbolo de uma impressora de linhas.

Segundo Dutra (1982), esse procedimento facilita ao olho humano a discriminação de alvos que possuem uma pequena diferença espectral representada na imagem por níveis de cinza bastante próximos, praticamente imperceptíveis ao observador. Existem três opções:

- *Normal*: O usuário fornece ou não os limites superior e/ou inferior dos histogramas.

Após fornecer ao sistema o número de fatiamentos desejados (até 8 no sistema I-100 do INPE), a imagem é dividida em intervalos igualmente espaçados.

- *Equidistribuição*: O programa tenta fazer com que a frequência de um determinado nível de cinza seja igual para todos os outros níveis.
- *Manual*: O usuário entra com os valores dos limites inferior e superior das classes (fatias).

2) Estatístico:

Classificador bayesiano (Dutra et alii, 1981) ou Sistema Maxver (Velasco et alii, 1979).

- *Sistema Maxver*: O sistema destina-se à classificação ponto a ponto de imagens multiespectrais obtidas em geral de satélites (Velasco et alii, 1979).

O sistema Maxver é denominado supervisionado porque, em sua etapa inicial, o analista fornece o número de classes e as áreas de treinamento de cada classe correspondente.

Assim, procurou-se nesta etapa associar a cada padrão uma probabilidade de este pertencer a cada uma das classes predefinidas.

As características estatísticas das classes também são adquiridas nesta etapa (Dutra et alii, 1981).

Na etapa de classificação não existe interferência do analista; o programa baseia-se na regra de decisão por máxima verossimilhança, que consiste em associar o padrão à classe para a qual ele tenha maior probabilidade de pertencer, tendo em vista as suas características ou atributos. Este processo minimiza a probabilidade de um padrão ser associado a uma classe à qual ele realmente não pertença. Assim, pode haver dois tipos de erros (Dutra et alii, 1981; Velasco et alii, 1979):

- 1) Quando se têm pontos ou objetos que não possuem identidade com as classes definidas, estes não serão classificados. Tal erro é denominado erro de omissão.
- 2) Quando pontos ou objetos de uma determinada classe são classificados como pertencentes a uma outra classe. Tal erro é denominado erro de comissão.

Com a finalidade de testar as áreas de treinamento, são criadas áreas testes que contêm no mínimo quatro vezes o número de pontos da área de treinamento.

O sistema calcula uma matriz de classificação tanto para as áreas testes como para as áreas de treinamento, a partir da análise das amostras que fornecem uma estimativa da separação entre as classes e dos erros prováveis de classificação.

Na forma não-supervisionada é utilizado o algoritmo de agregamento Média-K (Hartigan, 1975), cuja primeira fase de execução é do tipo determinístico e a segunda estatístico.

- *Algoritmo de classificação Média-K* - Segundo Dutra (1982), este algoritmo tem a finalidade de determinar relações naturais de dados que sejam similares a essas relações.

Divide-se a massa de dados em classes de uma maneira não-supervisionada, ou seja, sem interferência do usuário. O trabalho com o algoritmo de classificação Média-K tem seu início a partir da determinação de uma área de treinamento, que pode ser toda a imagem ou parte dela (área definida pelo cursor ou por tema). A esta área de treinamento é aplicado o programa ORDCEL que, segundo Dutra (1982), é executado para fazer a contagem e a ordenação em ordem decrescente da população de cada cela. Após a realização do programa ORDCEL, o algoritmo Média-K define as classes utilizando um algoritmo baseado na distância euclidiana entre as celas.

A classificação "pixel" a "pixel" da área teste será baseada no critério de máxima verossimilhança, em relação às classes de finidas pelo algoritmo.

Ainda na parte de extração de informações temáticas, foi testado:

- *Algoritmo de Extração de Atributos Espaciais (SELATR)*, conjugado com o Sistema Maxver - Segundo Dutra (1982), este procedimento consiste na preparação da imagem original através de algoritmos de extração e seleção de atributos para a classificação.

Um atributo de imagem, que é uma propriedade que pode ser medida divide-se em:

- a) atributos naturais, que derivam da aparência visual da imagem, tais como nível de cinza, bordas e texturas.
- b) atributos artificiais, que são obtidos por manipulação e medidas na imagem, tais como o histograma e a frequência espacial (Dutra, 1982).

Segundo este autor, esse procedimento é importante na determinação da precisão da classificação, pois esta despreza o relacionamento espacial entre os pontos de uma mesma classe.

Em síntese, este programa cria doze novos canais a partir dos quatro canais originais do LANDSAT, dos quais são escolhidos os quatro melhores, que são obtidos através de filtros que fazem transformações da imagem utilizando propriedades locais.

São utilizados dois tipos de filtros:

- 1) MD5FIL, é um filtro 5 X 5 (matriz de pontos) para realce e amaciamento de bordas.

- 2) VARIAHV, é um filtro 3 X 3 para extração de atributos de rugosidade.

2.2.7 - MAPAS GEOLÓGICOS E RELATÓRIOS FINAIS

O mapa geológico foi enquadrado na divisão das folhas topográficas do Estado de São Paulo, e consta as unidades mapeadas, definidas com os nomes propostos por Soares et alii (1980) para a região do sudoeste Paulista.

Do relatório final constam as fases da pesquisa e os resultados obtidos, efetuados através da integração de dados adquiridos no decorrer deste estudo.

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA

3.1 - GEOLOGIA REGIONAL

A área está locada integralmente na Bacia Sedimentar do Paranã. Trata-se de uma bacia intracratônica, preenchida por sedimentos paleozóicos, mesozóicos, cenozóicos e lavas basálticas.

A área do projeto situa-se na parte oriental da Bacia Sedimentar do Paranã, apresentando uma grande variação de unidades geológicas, em virtude da exposição em seu limite leste, a partir das "cuestas" arenítico-basálticas, das rochas paleozóicas e mesozóicas pré-magmatismo básico.

Os sedimentos desta bacia são característicos de diversos ambientes deposicionais, tendo sido afetados por um tectonismo principalmente do tipo falhamento em bloco, por movimentos de subsidência e soerguimento e por uma intensa atividade vulcânica do tipo "trapp", a qual constitui os derrames de basalto da Formação Serra Geral. (Northfleet et alii, 1969).

A coluna litoestratigráfica da Figura 3.1 mostra os diferentes tipos de rochas que ocorrem na Bacia do Paranã, no Estado de São Paulo.

No entanto, para definição dos objetivos deste trabalho, será enfocada a sequência mesozóica aflorante na região, cuja unidade estratigráfica predominante é o Grupo Bauru.

Para melhor caracterização estratigráfica deste Grupo, será discutida a Formação Serra Geral por constituir o embasamento de grande parte da Bacia Bauru; em segundo lugar serão vistas as Formações Botucatu e Pirambôia, por estarem localmente nas regiões Bauru-Agudos e Jacaré-Guaçu, em contato direto com os sedimentos Bauru, bem

como os sedimentos do Grupo Passa Dois que estão aflorantes na área ma peada, nas regiões Bauru-Agudos e Anhembi.

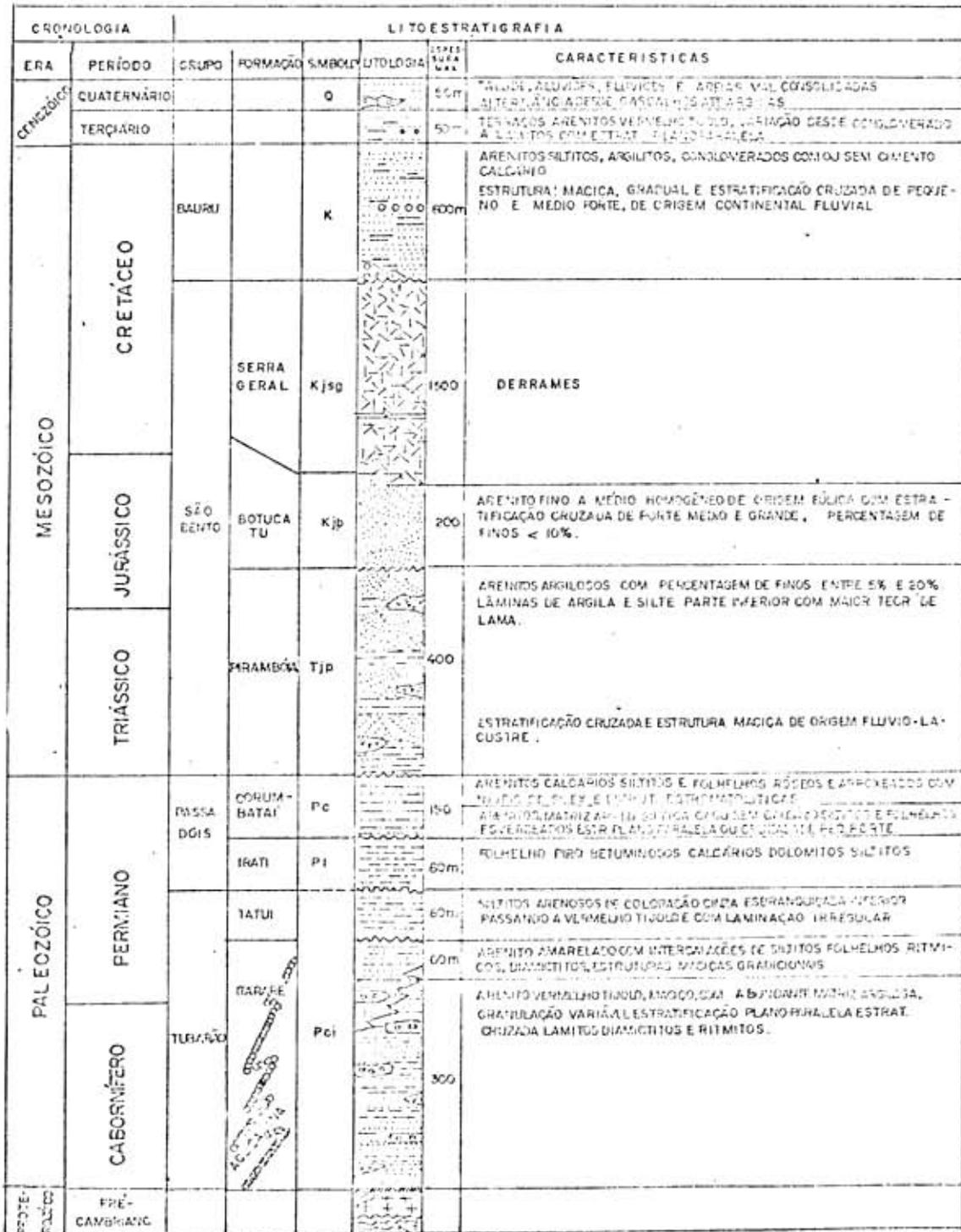


Fig. 3.1 - Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo, baseado em Fiori (1977).

3.1.1 - GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois é constituído na parte inferior por sedimentos depositados em ambiente marinho-continental, ou seja, de água salobra (Fúlfaro, 1971), enquanto na parte superior é constituído por sedimentos de origem fluvial.

Formação Corumbataí: constitui a parte superior deste Grupo nos Estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso, ocorrendo na área em estudo localmente, no alto do Anhembi e no Alto de Piratininga; esses sedimentos foram mapeados em função da sua pequena área de ocorrência, através de dados de literatura que foram comprovados em trabalhos de campo. É constituída por arenitos finos, siltitos e folhelhos róseos a arroxeados, sendo frequente a presença de níveis ou lentes de sílex ou calcários oolíticos.

3.1.2 - GRUPO SÃO BENTO

O Grupo São Bento é constituído por sedimentos de origem flúvio-eólica na parte inferior, caracterizadas pelas Formações Botucatu e Pirambóia, e na parte superior pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

Formação Pirambóia: constitui a base da unidade e é formada por arenitos finos intercalados com camadas argilosas, depositados em ambiente fluvial.

Formação Botucatu: é constituída de sedimentos característicos de duas facies principais: uma subaquosa e outra eólica, constituídas basicamente de arenitos finos e médios, sendo frequente a presença de "sills" de diabásios dentro desta formação, pertencentes ao evento vulcânico.

Formação Serra Geral: é constituída pelos derrames basálticos de uma fase vulcânica intensa do tipo "trapp", que ocorreu durante o Jurássico Superior e Cretácio Inferior na Bacia do Paraná.

As atividades eólicas persistiram mesmo durante o extravasamento do magma, o que fez com que entre os demais derrames sucessivos ocorressem, muitas vezes, camadas intertrapianas de arenito. As maiores acumulações basálticas encontram-se em direção NE-SW, próxima à calha do Rio Paranã; estas espessuras decrescem para leste e oeste, em direção ao embasamento cristalino.

O contato superior com a Formação Bauru é bastante irregular, devido a uma fase tectônica e erosiva pré-Bauru, e mostra grandes desníveis ou, às vezes, dá lugar a um contato direto com as formações mais antigas, como já definido para a região Agudos (SP) Suguio (1973).

3.1.3 - GRUPO BAURU

O Grupo Bauru compreende a sequência supra-basáltica, constituída de conglomerados, arenitos, argilitos e calcários de Idade Cretáceo Superior, ocupando a maior parte do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo.

Na região, o Grupo Bauru assenta discordantemente sobre os basaltos da Formação Serra Geral, apresentando características litológicas e sedimentares que indicam origem continental, ou como admitido por muitos autores, um ambiente fluvial e eólico.

O contato superior geralmente apresenta-se discordantemente recoberto por depósitos recentes, geralmente associados aos vales dos principais rios.

3.1.4 - COBERTURAS CENOZÓICAS

O critério mapeável para esta unidade no mapa geológico anexo corresponde basicamente a dois tipos de depósitos cenozóicos. O primeiro corresponde ao cenozóico de aluvião das principais drenagens, sendo portanto mapeável tanto na área do Planalto Ocidental como também na região do Reverso das Cuestas basálticas.

O segundo constitui os depósitos de elevação, que na área de domínio dos sedimentos arenosos do Grupo Bauru não foram mapeados, enquanto na área de domínio dos basaltos, ou seja, no reverso das Cuestas Basálticas, ocorrem como pequenas manchas isoladas, entre as principais drenagens; portanto, esses depósitos só foram mapeados quando em contato com os basaltos.

Caracterizando esses depósitos, têm-se os sedimentos da Serra de Itaqueri (Cottas e Barcelos, 1981).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 - TRABALHOS PRÉVIOS

Os sedimentos do Grupo Bauru perfazem quase a totalidade da área em questão e foram definidos pela primeira vez por Gonzaga de Campos (1905) sob o nome de "Grês Bauru", por estar localizada na cidade de Bauru no Estado de São Paulo. Vários autores descreveram estes sedimentos, destacando-se os trabalhos de Almeida e Barbosa (1953), Freitas (1955), Arid (1967), Suguio (1973), Mezzalira (1974), Landim e Soares (1976), Coimbra (1976), Suguio et alii (1977), Brandt Neto (1977), Amaral et alii (1979), Soares et alii (1979), Stein et alii (1979), Soares et alii (1980), Suguio (1980), Almeida et alii (1980) e Almeida et alii (1981).

A Formação Bauru constitui um dos registros geológicos do Cretáceo Continental Brasileiro, constituído de conglomerados, arenitos argilosos, siltitos, argilitos e calcários (Suguio, 1973).

Devido à falta de homogeneidade dos termos litológicos desta formação, várias classificações estratigráficas foram propostas para este ciclo sedimentar (Figura 4.1).

Setzer (1948) (Suguio et alii, 1977) propôs a divisão da Formação Bauru em Bauru Inferior, caracterizado pela ausência de cimento carbonático, e Bauru Superior, identificado pela abundância deste cimento.

Almeida e Barbosa (1953) denominaram "Grupo Bauru" a estes sedimentos e, seguindo o mesmo critério da cimentação carbonática dos arenitos, propuseram à Unidade Inferior a denominação de Itaqueri, e à Superior de Marília caracterizada pela presença de carbonato, o que a diferencia do Inferior, não carbonática.

SUDESTE DO PLANALTO OCIDENTAL			REGIONAL				NOROESTE DO PLANALTO OCIDENTAL	
LANDIM & SOARES (1976)	SOARES ET AL. (1979)	STEIN ET AL. (1979)	SOARES ET AL. (1980)	ALMEIDA ET AL. (1980)	SUGUIO (1980)	DAEE (1976)	SUGUIO ET AL. (1977)	
Pantão do Paranapanema	Mirília e Presidente Prudente	Sudeste do Planalto Ocidental	Regional	Oeste do Planalto Ocidental	Regional	Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba	Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba	
não ocorre	Fácies Mirília	Fácies B3	Formação Mirília	Formação Mirília	Formação Mirília	Litofácies B3	Litofácies Mirília	
Fácies Siltito-Arenosa	Fácies Taciba	Fácies B2	Litofácies Taciba ou São José do Rio Preto e Litofácies Ubirojara ou Araçatuba	Ka III e Ka IV	Formação São José do Rio Preto	Litofácies B2	Litofácies São José do Rio Preto	
Fácies Areno-Argilosa	Fácies Ubirojara	Fácies B1	Formação Santo Anastácio	Ka III Ka I e Ka II	Formação Araçatuba			
Fácies Santo Anastácio	Fácies Santo Anastácio	Formação Santo Anastácio	Formação Santo Anastácio	Formação Santo Anastácio	Formação Santo Anastácio	Litofácies B1	Litofácies Araçatuba	
Formação Caiuá	Formação Caiuá	Formação Caiuá	Formação Caiuá	Formação Caiuá	Formação Caiuá	não ocorre	não ocorre	

Fig. 4.1 - Correlação das classificações estratigráficas do Grupo Bauru.

FONTE: Almeida et alii (1981)

Freitas (1955) utilizou o nome "Série Bauru" em substituição a "Arenito Bauru" e admitiu para a unidade uma subdivisão em dois membros: o Inferior, denominado "Itaqueri", e o Superior, "Bauru". Os critérios para essa subdivisão já não se basearam simplesmente na presença ou ausência de material carbonático.

Freitas (1964) passou a chamar de Grupo Bauru a união das Formações Itaqueri e Bauru e, ao mesmo tempo, propôs o abandono da Formação Itaqueri, pois seus depósitos não têm expressão geográfica em área, não havendo necessidade em admitir a subdivisão em duas formações, fato este aceito por Arid (1967) em trabalhos na região de São José do Rio Preto.

Até os dias atuais, as proporções variáveis de cimento carbonático ou a substituição deste por cimentos ferruginosos ou silicosos são utilizados como critérios estratigráficos por diversos autores.

Soares e Landim (1975) (Suguo et alii, 1977) apresentam uma subdivisão do Arenito Bauru em cinco facies. A Bauru Inferior é constituída pelas seguintes: facies de arenino fino, facies de arenito argiloso e facies de arenito siltítico; a Bauru superior é formada pelas facies de arenito tufáceo e facies de calcário conglomerático. Neste caso, o Arenito Bauru deveria ser elevado à categoria do "Grupo Bauru", denominação aceita por Fúlfaro (1971).

Através de convênios com o Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) para mapeamento geológico (DAEE, 1974), subdividiu-se a Formação Bauru na região administrativa 6 (Ribeirão Preto), em Bauru Superior de composição carbonática e Bauru Inferior caracterizado pela ausência deste.

Suguo et alii (1977) subdividiram a Formação Bauru nas regiões administrativas 7, 8 e 9 do Estado de São Paulo, em três litofacies: Litofacies B1 (Araçatuba), Litofacies B2 (São José do Rio Preto)

e Litofacies B3 (Marília), nomenclatura essa das cidades em que estas litofacies acham-se mais caracterizadas.

Soares et alii (1979), propuseram para a Formação Bauru, nas regiões 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília), a subdivisão em Facies Santo Anastácio, Facies Ubirajara, Facies Taciba e Facies Marília.

Até então, a classificação litoestratigráfica mais aceita era a Formação Bauru, dividida basicamente em Bauru Inferior, Médio e Superior, sofrendo pequenas variações quanto a autores para as diversas regiões administrativas do Estado de São Paulo.

As Facies Santo Anastácio, mapeada por Soares et alii (1979) na região 10 e 11, constitui parcialmente a Litofacie B1 (Araçatuba), mapeada por Suguio et alii (1977) nas regiões 7, 8 e 9; estes sedimentos não ocorrem na região 6.

A unidade denominada Facies Taciba (Soares et alii, 1979) corresponde a Litofacie B2 (São José do Rio Preto) na região 7, 8 e 9 e a Bauru Inferior na região 6.

Na região administrativa 6 (Ribeirão Preto), mapeada pelo DAEE (1974), a unidade denominada Bauru Inferior corresponde a Litofacie B3 (Marília), mapeada por Suguio et alii (1977), nas regiões 7, 8, 9, e a Facies Marília, mapeada por Soares et alii (1979), nas regiões 10 e 11.

Baseando nos mapeamentos já citados anteriormente, Soares et alii (1980) propõem que a Formação Bauru passe a categoria do Grupo Bauru, constituído pelas Formações Caiuã, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

Quanto ao aspecto paleontológico, vários trabalhos versam sobre a ocorrência de fósseis no Grupo Bauru, devido ao seu rico

conteúdo fossilífero, principalmente constituído das ordens *crocodíli*a, *dinossáuria*, *quelônia* e *moluscos* fósseis. Os primeiros relatos sobre fósseis devem-se a Von Huene, principalmente sobre o gênero *Titonossaurus*, que confere ao Grupo Bauru Idade Cretácea Superior.

As principais descrições de fósseis, principalmente em quelônios e répteis, devem-se a trabalhos de Roxo (1937), Price (1950 e 1953), Arid et alii (1962).

Com a intensificação dos trabalhos paleontológicos nessa formação, novas espécies foram descritas, como a presença de escamas de peixes, algas, (Petri, 1955), ou a presença de crustáceos, (Mezzaliera, 1974).

4.2 - ÁREA GEOGRÁFICA, ESPESSURA E LITOLOGIA

O Grupo Bauru abrange uma área de cerca de 350.000 km², ocupa cerca da metade da área do Estado de São Paulo, estendendo-se para o extremo oeste do Estado de Minas Gerais, sul de Goiás, sul e leste de Mato Grosso e noroeste do Estado do Paraná. As espessuras desses sedimentos variam bastante em função da estrutura geológica e da morfologia. Nos vales dos principais rios, os sedimentos se adelgaçam até zero, aflorando o substrato basáltico.

Segundo Freitas (1955), as maiores espessuras do Grupo Bauru atingem 200 m; entretanto, na região Sudoeste do Estado, há espessuras de 300 m. Estas variações são devidas ao fato de a deposição ter ocorrido em bacias cujo fundo esteve em ativa subsidência.

Mas, segundo Arid (1973), estas variações na espessura devem-se a situações mais locais, em função de depressões estruturais do substrato basáltico.

Soares et alii (1980), a partir das maiores espessuras obtidas no domínio de cada Formação, propõem para toda a sequência Bauru a espessura de aproximadamente 620 m.

Segundo Suguio (1973), o Grupo Bauru é constituído de conglomerados carbonáticos, arenitos tufáceos, arenitos argilosos, sil^utitos, argilitos e calcários impuros.

Segundo Arid (1973), em observações de furos de sonda^ugens na região de São José do Rio Preto, verificou-se em toda a sequên^ucia vertical uma superposição de termos clásticos de textura diferen^utes, conglomerado de seixos de argilitos na parte basal que passam de arenitos conglomeráticos grosseiros a arenitos finos e argilitos ao to^upo.

Esta ordem não é perfeitamente constante quanto aos ter^umos texturais, estruturais, mas frequentemente verifica-se uma repeti^ução de pequenos ciclos sedimentares que têm na base um conglomerado que passa de arenitos a argilitos para a superior.

Segundo Arid (1973), o cimento calcário mostra-se quase homogêneo nesta região, chegando a atingir 40% nos arenitos calcife^uros.

Geralmente a presença de cimento carbonático nesta forma^ução ocorre em diversos níveis, em proporções variáveis, chegando mes^umo, em alguns casos, a faltar ou ceder seu lugar para cimentos ferrugi^unosos e silicosos (Suguio et alii, 1977).

Quanto às ocorrências de calcários, estão restritas a duas regiões: uma em Ponte Alta (MG) e a outra em Agudos (SP).

4.3 - UNIDADES FOTOLITOLÓGICAS MAPEADAS

A identificação e delimitação das unidades fotolitológi^ucas na área em estudo seguem o critério preestabelecido na Seção 2.2.2.

Inicialmente partiu-se para a identificação do padrão de drenagem, das estruturas, assim como das características fotolitológi^u

cas de cada unidade, podendo assim delimitar zonas com características semelhantes.

O objetivo do trabalho é a diferenciação das formações do Grupo Bauru no Estado de São Paulo, sendo delimitadas próximas às regiões do contato as unidades que ocorrem na parte basal, constituída pelas formações Serra Geral, Botucatu e Pirambóia.

O padrão de drenagem regional é superimposto, a partir do reverso das "cuestas", por uma área que se caracteriza estruturalmente como um grande monoclinal cujas camadas inclinam-se levemente em direção ao eixo estrutural representado pela calha do Rio Paranã.

A drenagem principal é composta ao norte pelos rios Grande, São José dos Dourados, Turvo, Pardo e Tietê, e ao sul pelos rios Aguapeí, Peixe, Santo Anastácio e Paranapanema, que correm em direção ao Rio Paranã, direções estas W a NW, seguindo a estrutura regional.

Verifica-se, no entanto, que partes da drenagem secundária possuem direções NNE e NE, geralmente superimpostas às fraturas, o que corresponde a uma segunda direção principal de lineamentos.

De modo global, o padrão de drenagem é característico do tipo dendrítico a subdendrítico, com variações na densidade de drenagem de média a alta, em função das características diferentes de cada bacia hidrográfica. Estas bacias às vezes são bastante simétricas, com propriedades direcionais; outras vezes são meandrantes, possuindo seus interflúvios propriedades multidirecionais.

Os principais tipos de estruturas apresentados e suas características são descritos a seguir:

- *Falhas*: estas descrevem alinhamentos retilíneos ou suavemente curvos de grandes dimensões e são expressas nas imagens por linhas de tonalidade fotográfica escura, geralmente representada por segmentos retilíneos de rios.

- *Fraturas*: são geralmente representadas por pequenas anomalias de drenagem dos tributários. Estes rios orientam-se retilineamente, sendo facilmente reconhecidos no canal 5 por uma tonalidade escura, em função da vegetação que ocorre nas suas margens. Quando os tributários fazem parte de uma feição linear de maior extensão, foram interpretados como um lineamento ou uma falha provável. No entanto, quando isolados e sem continuidade, esses lineamentos foram interpretados como fraturas.
- *Lineamentos*: foram traçados em maior número os lineamentos estruturais, que representam falhas ou fraturas não identificadas na fotointerpretação, ou correspondem a alinhamentos de relevo ou simplesmente de drenagem.

O Grupo Bauru apresenta-se na área como uma unidade geológica, às vezes de difícil subdivisão, devido: a sua quase-horizontalidade, ao fato de exibir profunda decomposição de suas rochas e, conseqüentemente, ao intenso uso do solo, dado pela suavidade de relevo.

Outras vezes as formações Bauru são perfeitamente caracterizadas em seu conjunto, pois possuem expressões geomorfológicas devida à diferença de constituição litológica.

A semi-horizontalidade das camadas e a pequena intensidade da tectônica pós-Bauru fazem com que os contatos entre as formações obedeam localmente a determinadas altitudes, o que ajuda a sua delimitação. Muitas vezes o limite entre essas formações torna-se difícil, pois os contatos representam uma zona de transição entre dois conjuntos litológicos.

Serão descritos para cada unidade fotolitológica os mais importantes elementos de reconhecimento, podendo-se assim delimitá-las e correlacioná-las às unidades geológicas formalizadas na literatura, o que tornará possível solucionar problemas surgidos na fotointerpretação, impostos principalmente pela escala dos produtos dos sensores.

As unidades fotogeológicas identificadas estão descritas a seguir:

- Formações Botucatu e Pirambóia:

Estas formações ocupam posição estratigráfica inferior e são delimitadas em pequenas manchas dentro do Planalto Ocidental em duas regiões: Bauru-Agudos e nas proximidades dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçú; são também delimitadas em estreita faixa das "cuestas" arenítico-basálticas, delimitando a área a leste.

A área do Planalto é caracterizada por texturas de relevo baixas, tonalidades claras para ambos os canais e densidade de drenagem baixa. Nas escarpas da cuesta estas formações são delimitadas no canal 7 por apresentarem tonalidades mais claras que os basaltos; no canal 5 toda a escarpa é representada por tonalidades escuras, devido à maior densidade de vegetação.

Nas áreas onde estas formações se estendem para fora da escarpa, observam-se tonalidades claras, baixa densidade de drenagem, relevo moderado e uso do solo principalmente para pecuária.

- Formação Serra Geral:

A ocorrência de basaltos está restrita a oeste aos vales dos principais rios e parte dos seus afluentes. Estes basaltos são caracterizados por tonalidades escuras nos canais 7 e 5; constituem vales fechados, retilíneos, baixa densidade de drenagem secundária; e apresentam intenso uso agrícola.

A leste afloram basaltos em extensas áreas, caracterizados por textura de relevo lisa, densidade de drenagem baixa a média, tonalidades cinza-escuro no canal 5; no canal 7 constituem um mosaico de tons que variam de cinza a preto.

Os rios desta área mantêm as mesmas características já descritas para a parte oeste, variando os padrões de drenagem subden dríticos, às vezes subparalelos.

O contato com a Formação Botucatu é marcado por fortes escarpas que são diferenciadas por tons escuros no canal 7.

- Grupo Bauru:

O Grupo Bauru domina toda a região oeste, sendo caracterizado por quatro unidades fotolitológicas que correspondem às Formações propostas por Soares et alii (1980).

- Formação Caiuã:

Esta formação tem sua área de ocorrência restrita à região do Pontal do Paranapanema, na qual é difícil sua distinção com a Formação Santo Anastácio, em virtude de os contatos entre os arenitos serem geralmente transicionais e de uma espessa cobertura.

Com os basaltos fica evidenciada uma pequena quebra mantida nos vales das principais drenagens.

Esta unidade caracteriza-se por uma textura lisa, com tonalidade cinza-médio no canal 7, em função dos arenitos terem alta contribuição de óxido de ferro, elemento este que apresenta forte absorção neste canal. No canal 5 apresenta cores cinza-claro (o que caracteriza intenso uso do solo para atividades pecuárias), densidade de drenagem baixa, rios retilíneos, em função provavelmente da influência de estruturas do basalto, geralmente muito pobre em drenagem secundária.

- Formação Santo Anastácio:

Predomina na região do Pontal do Paranapanema, dominando os vales dos principais rios a noroeste do Estado. Apresenta uma

textura de relevo lisa em relação à Formação Caiuã e tonalidades mais claras no canal 7 e mais escuras no canal 5, densidade de drenagem média a baixa, rios longos, com maior número de drenagem secundária. O relevo apresenta-se um pouco mais acidentado, sendo característica no contato com a Formação anterior uma quebra erosiva bem visível somente nas cabeceiras das drenagens, principalmente do rio Anhumas (Figura 4.2).



Fig. 4.2 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do Pontal do Paranapanema, na escala 1:400.000.

Divisão fotolitológica da Formação Caiuã (Kc) e Formação Santo Anastácio (Ksa). A Formação Caiuã apresenta textura de relevo mais lisa e tons de cinza médio dominando as partes baixas das drenagens. A Formação Santo Anastácio, nas regiões mais características, apresenta textura de relevo média e tons claros que gradam para tons mais escuros em direção ao contato entre ambas as formações, o que dificulta às vezes a sua separação.

- Formação Adamantina:

Esta formação ocorre nos espigões divisores das principais drenagens a oeste, passando a zona central da área a uma ocorrência contínua.

Caracteriza-se por uma textura de relevo rugosa que evidencia uma topografia mais acidentada, vales profundos e fechados, densidade de drenagem alta, e apresenta tonalidades cinza-claro homogênea para toda a área no canal 7. Apresenta tonalidade cinza-escuro no canal 5, ao longo dos vales dos rios, o que indica uma vegetação natural, e tons claros nas áreas mais planas, entre os divisores, o qual indica um intenso uso do solo para atividades agrícolas. O padrão de drenagem predominante é dendrítico (Figura 4.3).

- Formação Marília:

A Formação Marília é bem característica em função do relevo escarpado; apresenta no canal 5 tonalidades cinza-escuro, com poucas manchas de tons claros, em função do restrito uso do solo geralmente próximo aos grandes centros. No canal 7 apresenta tonalidades claras e densidade de drenagem baixa a média, com vales profundos e fechados sob os platôs, e uma drenagem encaixada nas encostas (Figura 4.4).

A seguir encontram-se representadas as principais características utilizadas na diferenciação e delimitação das unidades fotolitológicas do Grupo Bauru (Tabela 4.1).



Fig. 4.3 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do rio Aguapeí, na escala 1:400.000.

Divisão fotolitológica da Formação Santo Anastácio (Ksa) e Formação Adamantina (Ka). A Formação Santo Anastácio caracteriza-se pela textura de relevo lisa e tons médios de cinza, e a Formação Adamantina pela textura de relevo rugosa e tons claros. Verifica-se a ocorrência de pequenos pontos claros com as mesmas feições da Formação Adamantina dentro dos limites da Formação Santo Anastácio, os quais não são mapeados nesta escala de trabalho.

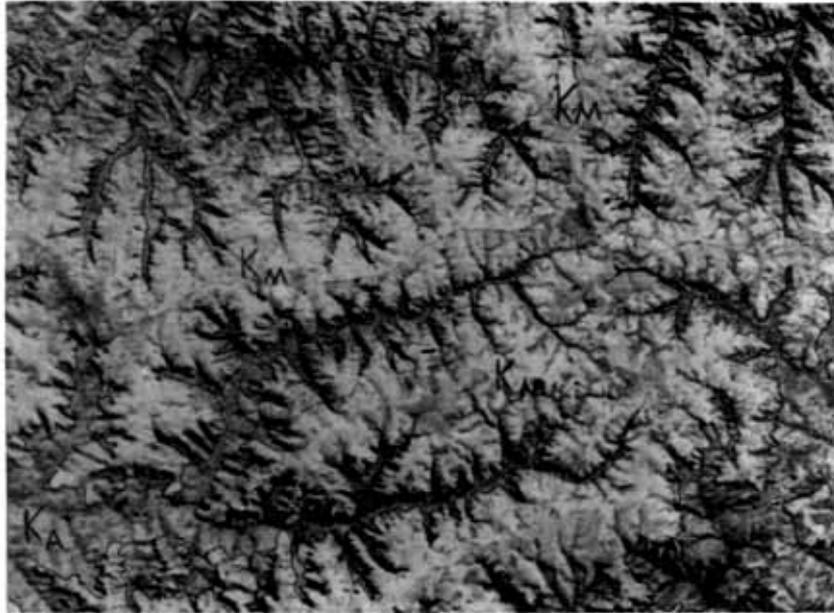


Fig. 4.4 - Canal 7 de imagens MSS/LANDSAT da região do Planalto de Marília, na escala 1:400.000.

Divisão fotolitológica da Formação Adamantina (Ka) e Formação Marília (Km). A Formação Marília é bem evidenciada pelos tons claros e pelas escarpas que a delimitam, enquanto a Formação Adamantina apresenta tons mais escuros, que dominam a base entre as escarpas.

TABELA 4.1

CARACTERÍSTICAS FOTOLITOLÓGICAS DAS UNIDADES DO GRUPO BAURU

UNIDADES FOTOLITOLÓGICAS	CAIUÁ		SANTO ANASTÁCIO		ADAMANTINA		MARÍLIA	
	C5	C7	C5	C7	C5	C7	C5	C7
PARÂMETROS								
Densidade de textura de relevo	LISA		MEDIAMENTE RUGOSA		RUGOSA		LISA	
Densidade de textura de drenagem	BAIXA		MÉDIA		ALTA		MÉDIA	
Quebra de relevo	NÃO-DEFINIDA		NÃO-DEFINIDA		MAL-DEFINIDA		DEFINIDA	
Uso de solo	INTENSO		INTENSO		INTENSO		MEDIANO	
Tonalidades de cinza	clara	média	média	clara	escura	clara	escura	clara

- Cobertura Cenozóica

As coberturas cenozóicas, quando constituem os depósitos aluvionares, ficam restritas à calha dos principais rios e caracterizam-se por um relevo plano com tonalidades escuras no canal 5 e principalmente no canal 7.

As coberturas de espigões são de difícil caracterização sob os arenitos do Grupo Bauru, e a sua presença é às vezes mais acentuada por uma textura lisa na área de ocorrência da Formação Adamantina.

Estas coberturas foram mapeadas quando ocorreram sobre os basaltos, constituindo manchas de textura lisa e tonalidades claras nos canais 5 e 7. Às vezes estas manchas apresentam cores escuras no canal 7, em virtude da grande distribuição de elementos dos basaltos.

Verifica-se um intenso uso de solo para a agricultura e o padrão de drenagem é geralmente superimposto pela estruturação dos basaltos.

4.4 - ESTRATIGRAFIA DO GRUPO BAURU

4.4.1 - FORMAÇÃO CAIUÃ

As principais referências a estes sedimentos devem-se a Baker (1923), que os considerou de origem deltáica e de idade Terciária, confinados à calha do Rio Paraná.

Entretanto, foi Washburne (1930) que denominou estes sedimentos de Caiuã, interpretando-os como constituídos por arenitos eólicos e com posição estratigráfica pós-basáltica e pré-Bauru, portanto, de idade Cretácea.

A partir de então a Formação Caiuã tem sido estudada por um grande número de pesquisadores, criando-se uma intensa discussão a respeito de seu ambiente de deposição eólico ou fluvial e de sua posição estratigráfica, de idade Cenozóica pós-Bauru, ou de idade Cretácea pré-Bauru.

Inicialmente vários autores defendiam a hipótese de Baker (1923), como Freitas (1955), Bósio e Landim (1969), Landim e Fúlfaro (1971), através de estudos sedimentológicos preliminares, comparando estes sedimentos com arenitos Neocenozóicos, principalmente da Formação Rio Claro. A partir de trabalhos mais detalhados, Landim e Soares (1976) propõem para esta formação ambiente fluvial com posição estratigráfica pré-Bauru.

Outros trabalhos vieram entretanto confirmar definitivamente a sua posição estratigráfica, como o proposto por Washburne (1930); contudo ainda há discussões a respeito do ambiente de deposição.

A partir da posição estratigráfica definida, Soares et alii (1980) propõem que esta formação seja incluída no Grupo Bauru, pela sua similaridade litológica com as rochas que a sucedem, excluindo portanto a Formação Caiuã do Grupo São Bento (Schneider et alii, 1974).

A Formação Caiuã é constituída de arenitos quartzosos finos a médios, pouca matriz, grãos bem arredondados, mais pronunciados na granulometria média, estratificação cruzada de médio a grande porte, constituída por lâminas paralelas, com predominâncias granulométricas de areia média a muito fina e areia fina.

Os grãos apresentam-se envolvidos por uma película de óxido de ferro ou limonita, devido provavelmente à decomposição de minerais pesados, de contribuição dos basaltos da Formação Serra Geral.

A matriz argilosa é rara, não sendo identificada na região em que afloram estes sedimentos, leitões ou lentes argilosas (Figura 4.5).

A máxima espessura desta formação no Estado de São Paulo atinge 200 m na região do Pontal do Paranapanema (Morro do Diabo), segundo Soares et alii (1979), atingindo espessuras maiores que 250 m no Estado do Paraná.

No Estado de São Paulo, as áreas em que afloram estes sedimentos compreendem a região do Pontal do Paranapanema. Dominam as margens do vale do Rio Paranã até a região de Presidente Epitácio, e o vale do Rio Paranapanema a jusante de Itororô do Paranapanema e nas margens de seus afluentes, ocupando sempre as menores altitudes.

Sob outras unidades, o Grupo Bauru tem sido caracterizado em perfurações a oeste de Pirapozinho e ao sul de Panorama (Soares et alii, 1979).



Fig. 4.5 - Arenitos da Formação Caiuã na base do Morro do Diabo - Rodovia Teodoro Sampaio a Rosana.

Arenitos de coloração bege que apresentam estratificação cruzada de grande porte, formada por diferenças granulométricas dos estratos.

O contato basal da Formação Caiuã é caracterizado por uma discordância erosiva com os basaltos da Formação Serra Geral. Tem sido admitido um ciclo erosivo entre ambas as formações (Soares et alii, 1980), em função da presença de solo fóssil e da inexistência de brecha de topo de derrame, o que evidencia um hiato com erosão e formação do solo. Portanto esses arenitos não estariam associados ao ambiente de deposição da Formação Botucatu.

Quanto ao ambiente de deposição, verifica-se até os dias atuais que as discussões a esse respeito encontram-se em aberto. Entretanto, ainda não se chegou a um consenso no meio científico, admitindo-se um modelo deposicional aquoso (Baker, 1923; Bósio e Landim, 1971; Landim e Fúlfar, 1971; Suguio, 1980) ambiente eólico (Washburne, 1930;

Soares et alii, 1980), ambiente misto (Almeida et alii, 1980; Almeida et alii, 1981; Riccomini et alii, 1981).

Segundo Landim e Fúlfaro (1971), a Formação Caiuã teria a sua origem no represamento do Rio Paranã. Consecutivamente deu-se o assoreamento a montante desta represa, que ter-se-ia formado por origem tectônica, na região de Sete Quedas e Guaíra.

Suguio (1980) apresentou considerações paleoambientais neste sentido, caracterizando a deposição acumulada num embaciamento na região do Pontal do Paranapanema em virtude da formação de um grande peleolago que se formou devido à alteração do nível base do Rio Paranã. Deu-se o assoreamento de uma superfície basáltica profundamente regular, registro de manifestações tectônicas pré-Bauru.

O modelo deposicional é flúvio-deltaico, constituído por rios com direções predominantes leste-oeste para este ambiente lacustre. O clima de aridez que prevaleceu durante a sequência pré-basáltica ainda se fazia sentir na deposição destes sedimentos, em função principalmente de ausência de sedimentos carbonosos, frequentes em ambiente lacustres.

Os registros que melhor caracterizam esse ambiente sub-aquoso é bem evidenciado a noroeste do Estado do Paranã, por constituir o centro deposicional desta formação, fato esse comprovado pelo aumento da espessura neste pacote sedimentar em direção a este do Estado, favorecendo a formação de depósitos centrais. Estes registros não são tão bem característicos e evidenciados em direção à borda dessa bacia, na região do Estado de São Paulo.

A região do extremo sudoeste do Estado de São Paulo, área de ocorrência dessa unidade, é caracterizada por um relevo intensamente aplainado, o que dificulta a presença em número e de bons afloramentos; as ocorrências que melhor definem este ambiente fluvial encontram-se nos barrancos da margem esquerda do Rio Paranã, na região de Porto

Presidente Epitácio (SP). Já as ocorrências vistas na base do Morro do Diabo caracterizam-se por uma homogeneidade textural, ausência de matriz, arredondamento dos grãos, estratificação cruzada de grande porte, constituída por corpos de arenitos muito finos e médios e arenitos finos, o que sugere uma deposição eólica. Em função das características acima descritas, admite-se um ambiente misto, predominantemente fluvial, que nos tempos finais de sedimentação provavelmente passe a condições eólicas, ou simplesmente a depósitos constituídos pelo retrabalhamento do vento dos sedimentos em áreas marginais da Bacia Caiuã; o que não se pode é excluir a possibilidade desses depósitos.

Mesmo o clima admitido para a época de deposição da Formação Caiuã é considerado desértico (Sugio, 1980), árido (Salamuni et alii, 1981), o que favorece a formação desses depósitos.

Em quaisquer dos ambientes deposicionais, é marcante nestes sedimentos a contribuição psamítica das mesmas áreas fontes que constituíram a Formação Botucatu, ou mesmo do retrabalhamento desta, com contribuição secundária de produtos de alteração dos basaltos da Formação Serra Geral.

Há dúvida quanto à idade dessa Formação em virtude da falta de fósseis ou mesmo do hiato de tempo envolvido entre o último derrame e o início da deposição Caiuã.

No entanto deve-se admitir uma idade do final do Cretáceo Inferior, data do último derrame da Formação Serra Geral.

4.4.2 - FORMAÇÃO SANTO ANASTÁCIO

O nome Santo Anastácio foi utilizado inicialmente por Landim e Soares (1976) como facies de arenitos finos, situados na porção inferior da Formação Bauru; este nome foi dado em virtude de as melhores exposições serem encontradas no vale do Rio Santo Anastácio, na região do Pontal do Paranapanema (Figura 4.6).



Fig. 4.6 - Relevo constituído pelas Formações Santo Anastácio e Caiuã na região do Pontal do Paranapanemã.

Esses sedimentos foram classificados como "membro" (Lan^{dim} e Soares, 1976), "facies" (Soares et alii, 1979) e "Formação" San^{to} Anastácio (Stein et alii, 1979), mas com posição estratigráfica pr^é-Bauru. Soares et alii (1980) propõem a inclusão desta Formação no Gru^{po} Bauru.

Ao norte do rio Tietê, estes sedimentos estão mapeados como Litofacies B1 (Araçatuba), incluídos na parte inferior como arenitos vermelhos de granulação fina.

A Formação Santo Anastácio é constituída de arenitos de granulação fina a média, com pouca matriz, ocorrendo uma variação tex^{tural} em relação à maior ou menor quantidade da fração média, que au^{menta} em direção ao sudoeste do Estado.

Os grãos de tamanho médio apresentam-se arredondados e os finos, subarredondados; normalmente apresentam-se cobertos por uma película ferruginosa que lhes dá uma cor de vermelho-escura arroxeada.

Localmente a Formação Santo Anastácio apresenta cimento carbonático ou mesmo nódulos, mas é frequente a presença de orifícios atribuídos à dissolução destes nódulos, que constituem figuras irregulares de coloração clara em função da dissolução destes.

Os arenitos apresentam-se em corpos tabulares, predominantemente maciços, com espessuras de 1 a 5 m, podendo apresentar pequenas estratificações plano-paralelas e cruzadas de baixo ângulo.

Às vezes nota-se uma variação granulométrica nestes bancos, de arenitos finos, médios a finos, até atingirem pequenos leitos de espessuras não maiores que 15 cm, predominando a fração média, com características idênticas às da Formação Caiuã, caracterizando um interdigitamento das duas formações.

Entre os bancos areníticos, é frequente a presença de corpos lenticulares de lamitos arenosos de coloração marrom, com espessuras inferiores a 1 m.

As maiores espessuras desta formação são da ordem de 80 m no vale do rio Santo Anastácio. Estes sedimentos afloram nas partes de relevo mais baixas da região do Pontal do Paranapanema e nos vales dos principais rios.

A Formação Santo Anastácio aflora em uma estreita faixa a montante da Represa de Capivara, no vale do Rio Paranapanema, torna-se mais larga em direção do Pontal, contorna esta região e aflora em uma faixa contínua, paralela ao Rio Paranã até a região Populínia, no extremo noroeste do Estado.

Preenche também os vales dos principais afluentes do rio Paran , como os rios Santo Anastácio, Peixe, Aguapeí, Tietê e São José dos Dourados; ocupa toda a parte média do seu curso, adelgaça sobre os basaltos destas drenagens ou passa   subsuperfície da área de domínio da Forma o Adamantina, caracterizada por um relevo mais acidentado.

Em subsuperfícies os limites desta forma o encontram-se a este e ao norte de Pirapozinho e a este de São José do Rio Preto (Soares et alii, 1980).

Fora dos limites do Estado de São Paulo,   encontrado a noroeste do Estado do Paran  e a leste de Mato Grosso do Sul.

A Forma o Santo Anastácio está em contato basal com a Forma o Caiu  na área de domínio desta forma o, adelga ando-se para as bordas da bacia Caiu  sobre os basaltos da Forma o Serra Geral.

Na base predomina o contato gradacional, verificado através de uma transi o textural entre os arenitos da Forma o Caiu , a qual apresenta granulometria média dominante, bem arredondada, recoberta por arenitos similares, mas com aumento da fra o fina e da matriz, mantendo características cíclicas de deposi o de depósitos areníticos e arenoso-lamíticos.

Esta Forma o foi verificada em duas regiões: nas cabeceiras do Rio Pirapozinho e nas proximidades do Planalto do Sul, cujo contato   caracterizado por uma quebra brusca com a Forma o Caiu , com desnível de até 10 m.

Com a Forma o Serra Geral, o contato   discordante e erosivo e domina todo o leste da área, sendo marcado às vezes por uma pequena quebra no relevo, onde a erosão atinge os basaltos nos vales dos principais rios.

A alternância cíclica das litologias com predominância psamítica e as estruturas de pequeno porte sugerem que a deposição deu-se num ambiente fluvial de baixa energia, deposição esta dominante em canais meandantes com pequena profundidade com depósitos de planícies de transbordamento arenosas, o que indica um suprimento constante de areias da área fonte.

A presença de corpos com predominância lamítica indica diminuição na energia de transporte, ou variações na área fonte.

Soares et alii (1980) sugerem para esta formação um ambiente fluvial que passa a fluvial meandrante anastomosado predominantemente psamítico.

A área fonte destes sedimentos origina-se do retrabalhamento da Formação Caiuã, juntamente com a contribuição das mesmas áreas fontes que originaram a Formação Caiuã, e secundariamente da erosão dos basaltos.

Quanto à idade desta formação, não há uma informação direta em virtude da ausência de fósseis, sendo-lhe atribuídas idades do final do Cretáceo Inferior ao início do Cretáceo Superior (Soares et alii, 1980).

4.4.3 - FORMAÇÃO ADAMANTINA

Esta é a unidade de maior distribuição entre as formações do Grupo Bauru, sujeita a certas variações regionais, o que determinou várias subdivisões em facies ou litofacies, em virtude de sua grande área de ocorrência e da diversificação de pesquisadores que nela trabalharam.

A denominação Formação Adamantina foi proposta inicialmente por Soares et alii (1980) para o sudeste do Estado de São Paulo, sendo caracterizada por duas litofacies; Taciba e Ubirajara.

A litofacies Ubirajara, corresponde à parte superior da litofacies B1 (Araçatuba), proposta por Suguio et alii (1977) para região Norte Ocidental do Estado.

A litofacies Taciba é equivalente à litofacies B2 proposta por Suguio et alii (1977), constituída por arenitos finos intercalados com lamitos arenosos que predominam no sudoeste e no norte, nas regiões mais elevadas sobre a litofacies Araçatuba. Almeida et alii (1980) subdividem a Formação Adamantina em 5 unidades de mapeamento denominadas Ka_I a Ka_V ; a unidade Ka_I predomina na região sul da bacia de deposição Bauru, gradando para norte desta até Ka_V , em virtude da predominância granulométrica, lamítica, bem como da presença de cimentos e nódulos carbonáticos que caracterizam a unidade Ka_V :

Não é de interesse neste trabalho a subdivisão desta formação em virtude da variação cíclica textural desta sequência, bem como das pequenas variações faciológicas predominantes em determinadas regiões, o que torna a definição dos seus limites nesta escala imprecisa ou mesmo não distinguível. São definidas neste trabalho simplesmente áreas de predominância dos sedimentos psamíticos ou pelíticos.

A Formação Adamantina é caracterizada por alternâncias cíclicas de bancos de arenitos de coloração rósea a bege, de granulação fina a muito fina; a parte média é pouco predominante e às vezes apresenta grãos médios bem arredondados, esparsos, de características semelhantes às das formações anteriores, mas sem se apresentarem encobertos pela película ferralítica e pela presença de pouca matriz (Figura 4.7).

Estes bancos têm espessuras que variam de 1 a 10 m, estratificações de porte médio e plano-paralela, e estrutura maciça.

Os bancos com predominância argilosa, caracterizados por lamitos, siltitos e arenitos argilosos, apresentam cores marrom-clara a vermelho-clara, mas ocorrem também em cores cinza-escuro a esverdeado, apresentando estruturas maciças e plano-paralelas.



Fig. 4.7 - Arenitos da Formação Adamantina - Rodovia SP-463, próxima ao trevo de Jales.

Arenitos finos de coloração bege, característicos da sequência arenosa que predomina ao norte do rio Tietê.

Estes bancos possuem espessuras geralmente menores que 1 m, alternando com os bancos areníticos; às vezes estas camadas argilosas apresentam espessura até 5 m, com lentes centimétricas de arenito (Figura 4.8).

Nota-se também a presença de cimento e nódulos carbonáticos; na parte inferior a Formação Adamantina apresenta arenitos calcíferos e localmente há orifícios atribuídos à dissolução dos nódulos; no topo há frequência maior de leitos concrecionais entre os diferentes bancos clásticos.

As maiores espessuras desta sequência ocorrem nos espigões entre os principais rios na faixa oeste, reduzindo sua espessura a leste, já no domínio das "Cuestas Basálticas" onde afloram os basaltos da Formação Serra Geral.



Fig. 4.8 - Siltitos intercalados com níveis de arenitos argilosos da Formação Adamantina - Rodovia Birigui à Buritana (SP-461).

Sequências Lamíticas que predominam nesta formação ao sul do rio Tietê.

O contato basal desta formação em toda a faixa oeste do Planalto Ocidental é com a Formação Santo Anastácio, sendo verificada uma passagem transicional quando a base da Formação Adamantina tem predominância mais arenítica fina, gradando para arenitos médios a finos da formação anterior.

No entanto, o que se verificou foram contatos bruscos entre os termos litológicos bem evidenciados pelas cores características de cada formação. Neste caso notam-se bancos de composição lamítica de coloração bege, assentados sobre arenitos finos a médios, geralmente maciços e de coloração avermelhada a arroxeada, cujo contato é bem visto na rodovia SP-463, no vale do rio São José dos Dourados (Figura 4.9).

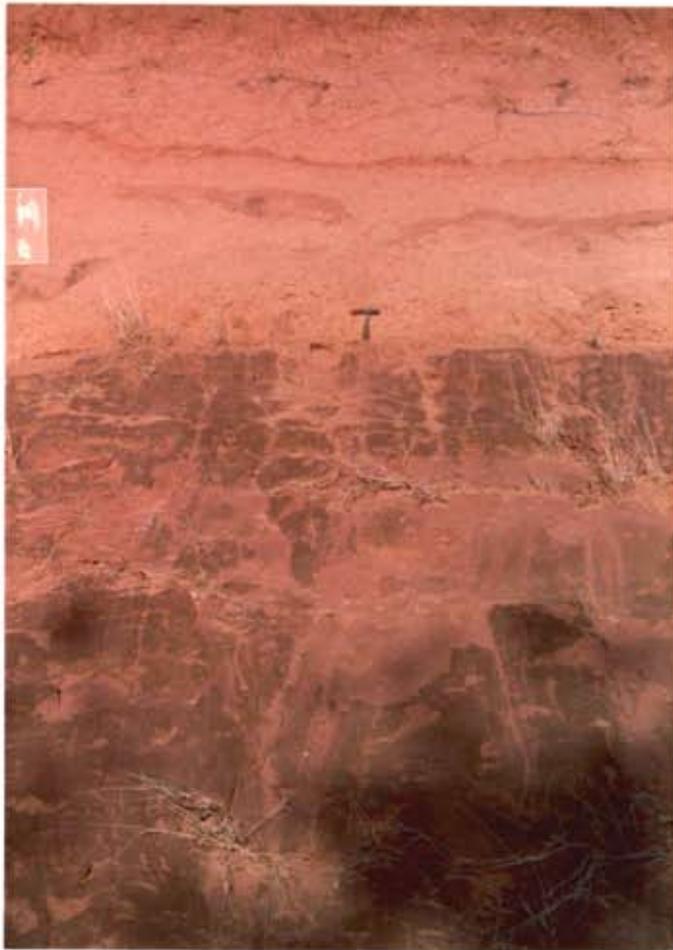


Fig. 4.9 - Contato brusco entre as Formações Santo Anastácio e Adamantina - Rodovia SP-463, vale do rio São José dos Dourados.

Contato bem evidenciado pelas Formações Santo Anastácio, de coloração avermelhada e granulometria média a fina, e Adamantina, de cor bege e granulometria fina.

Na parte leste, o contato se faz de forma discordante com os basaltos da Formação Serra Geral. Verifica-se ainda localmente nas regiões próximas dos rios Jacarê-Guaçu e Jacarê-Pepira um contato discordante com as formações pré-basálticas da Formação Botucatu, em virtude da omissão dos basaltos causada por um tectonismo pré-Bauru, juntamente com uma fase erosiva.

Em função das características cíclicas dos seus depósitos, Soares et alii (1980) atribuíram a deposição a um extenso sistema fluvial meandrante, com depósitos de canal e transbordamento predominantemente pelíticos ao sul, gradando para psamíticos a leste e ao norte, havendo nestas regiões transição para anastomasado.

Estes sedimentos originaram-se da alteração de rochas básicas, ultrabásicas e alcalinas que afetaram o Triângulo Mineiro, do retrabalhamento dos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paranã e das rochas básicas da Formação Serra Geral (Coimbra, 1976).

Huene em 1939 (Mezzalana, 1974) atribuiu a esta formação idade Cretáceo Superior, com base na correlação do seu conteúdo fóssilífero, com fósseis similares aos da Patagônia.

Por comparação com a evolução da Bacia de Santos e devido à contemporaneidade dos sedimentos com as rochas alcalinas da região do Triângulo Mineiro, Landim e Soares (1976) atribuíram idade Cretáceo Médio à Formação Adamantina, idade esta coerente com a dos fósseis, pois estes encontram-se no topo desta unidade.

4.4.4 - FORMAÇÃO MARÍLIA

A denominação Marília foi utilizada por Almeida e Barbosa (1953) para designar a parte Superior do Grupo Bauru, com cimentação carbonática reconhecida nos planaltos de Marília e Garça. A parte inferior, de características litológicas semelhantes, sem cimentação carbonática, denominou-se Formação Itaqueri, localizada na Serra de Itaqueri e São Carlos.

Esta divisão foi considerada inadequada em virtude de seus depósitos não apresentarem expressão para todo o Grupo Bauru; en tretanto a denominação Marília foi aceita para a caracterização desses sedimentos ricos em cimento carbonático.

O termo Itaqueri ainda é considerado por Soares et alii (1980) como litofacies Itaqueri, que corresponde a arenitos grosseiros conglomeráticos, os quais apresentam às vezes cimento silicoso para as regiões de Itaqueri, São Carlos e Matão.

Cottas e Barcelos (1981), em trabalhos na região de Itaqueri, propõem que esta litofacies seja excluída do Grupo Bauru, e que estes sedimentos sejam considerados de Idade Cenozóica, em virtude de os sedimentos silicificados da região serem partes da Formação Botucatu e Pirambóia e de seus mantos de alteração superficial, ou mesmo de constituírem sedimentos do retrabalhados destas formações que sofre ram tal processo. Propõem ainda que sob os derrames basálticos não ocor rem depósitos Cretáceos Bauru.

A Formação Marília é composta de arenitos grosseiros con glomeráticos, com grãos angulosos, matriz variável, seleção pobre, ocor re em bancos com espessuras de 1 a 2 m, predominantemente maciços ou com acamamento incipiente, subparalelo e descontínuo, de cores bege a esbranquiçado.

Encontram-se raramente intercaladas camadas descontínuas de lamito vermelho, sendo frequente em ambas as camadas a presença de cimento e nódulos carbonáticos, dispersos ou concentrados em níveis (Figura 4.10).

Esta formação tem ocorrência restrita à região leste da área, sendo bem evidenciada em duas áreas principais, em virtude das escarpas com desníveis de mais de 100 m que sustentam no topo uma su perfície aplainada, que constitui o Planalto de Marília ao sul e o Pla nalto de Monte Alto ao norte.



Fig. 4.10 - Arenitos da Formação Marília - Rodovia Marília à Assis (SP-333).

Arenitos de coloração esbranquiçada, intercalados com camadas de lamitos avermelhados. Ambas as litologias apresentam cimento carbonático, sendo frequente a presença de nódulos carbonáticos, dispersos ou concentrados em níveis, geralmente na intercalação das duas diferentes litologias.

O Planalto de Marília é constituído por dois espigões: um, denominado Planalto Echaporã, entre os rios do Peixe e Paranapanema, com espessuras de 110 m; e outro, denominado Planalto de Marília-Garça, entre os rios do Peixe e Aguapeí, com espessuras de 180 m, o que indica uma redução de espessura de norte a sul. (Figura 4.11).

O Planalto de Monte Alto é constituído por duas serras principais: Matão-Catanduva e Monte Alto-Bebedouro, ambas com espessuras máximas de 150 m.



Fig. 4.11 - Relevo constituído pelas Formações Adamantina e Marília.

Relevo acidentado, constituído pelas escarpas da Formação Marília em função dos arenitos carbonáticos. Entre as escarpas, a Formação Adamantina apresenta-se com um relevo bem mais suavizado.

As áreas consideradas como pertencentes a Litofacies Itaqueri da Formação Bauru foram interpretadas na região de Franca como Formação Adamantina, e as ocorrências das Serras de Itaqueri e São Carlos como cobertura cenozóica.

A Formação Marília está predominantemente em contato com a Formação Adamantina; o Planalto de Marília é um contato discordante erosivo, em virtude da ocorrência de conglomerados basais. Já na região Norte, o contato é interdigitado em função de corpos areníticos calcíferos conglomeráticos, que desaparecem dentro da Formação Adamantina (Soares et alii, 1980).

Com os basaltos da Formação Serra Geral, o contato é por discordância erosiva. Ocorre ainda localmente sobre estruturas dômicas pré-Bauru um contato caracterizado por discordância angular, o qual pode acentar sobre a Formação Botucatu ou Pirambóia, na região de Bauru -Agudos.

A sedimentação desta formação desenvolveu-se em um ambiente restrito; que caracteriza um ambiente em que se deu uma progressiva diminuição da fase úmida e a instalação de um ciclo semi-árido; a energia presente tornou-se mais alta, podendo gerar depósitos em regimes torrenciais, característicos de leques aluviais e pavimentos detríticos com cimentação carbonática do tipo "caliche" (Suguio et alii, 1977).

Segundo Coimbra (1976), estes sedimentos originaram-se da erosão de rochas metamórficas do retrabalhamento de sedimentos paleo-mesozóicos e de rochas básicas da Formação Serra Geral.

A Formação Marília atribui-se Idade Cretáceo Superior em virtude de sua parte basal apresentar uma associação faunística similar à da Formação Adamantina.

4.5 - PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO NO ANALISADOR I-100

No presente trabalho foram submetidas áreas testes ao tratamento automático através do Sistema Interativo de Análise de Imagens Multiespectrais IMAGE-100 (I-100), com a finalidade de testar e estudar as potencialidades deste sistema em áreas sedimentares do Grupo Bauru, na caracterização de suas Formações e especificamente no estudo direcionado em áreas que apresentassem maiores dificuldades na interpretação visual das imagens fotográficas em branco e preto.

Inicialmente utilizou-se a imagem 206-27, com a finalidade de melhor caracterizar a separabilidade das Formações Marília e Adamantina. Cabe aqui ressaltar que, nessa região escolhida do Planalto

de Marília, o contato ou a delimitação de ambas as formações é bem nítido nas imagens fotográficas, principalmente em virtude das escarpas abruptas que constituem a Formação Marília e das diferenças de tonalidade entre ambas as formações.

A área principal desses estudos concentrou-se basicamente na imagem 220-27, constituída por duas áreas bem distintas. A parte norte caracteriza-se principalmente pela ocorrência das Formações Santo Anastácio e Adamantina, bem caracterizada na interpretação visual; a parte sul, concentra-se principalmente na região do Pontal do Paranapanema. Esta área apresentou os maiores problemas para a caracterização e delimitação das Formações Caiuã, Santo Anastácio e Adamantina, por apresentar-se topograficamente aplainada, sendo caracterizada na imagem por diferenças muito pequenas de textura e tonalidade. Por isso, a maior parte do tratamento automático foi concentrado nesta área.

Dentro dos programas já definidos e implantados no Sistema I-100 do Instituto de Pesquisas Espaciais, foram utilizados os programas de operações para realce (Operações de Prê-Processamento), obtendo-se os seguintes resultados:

- Na imagem 206-27 foi realizada uma ampliação para a escala de 1:150.000 da região do Planalto de Marília.

Inicialmente fez-se uma composição colorida dos canais 7 (vermelho), 5 (verde) e 4 (azul), que deixou bem evidenciada a Formação Marília, bem como as escarpas que a constituem, as quais têm na sua base contato com a Formação Adamantina.

A seguir, a esta mesma composição aplicou-se a Função de Escalonamento, obtida pela sua multiplicação por um fator X; como resultado, obteve-se uma melhor caracterização da separabilidade entre ambas as formações (Figura 4.12).

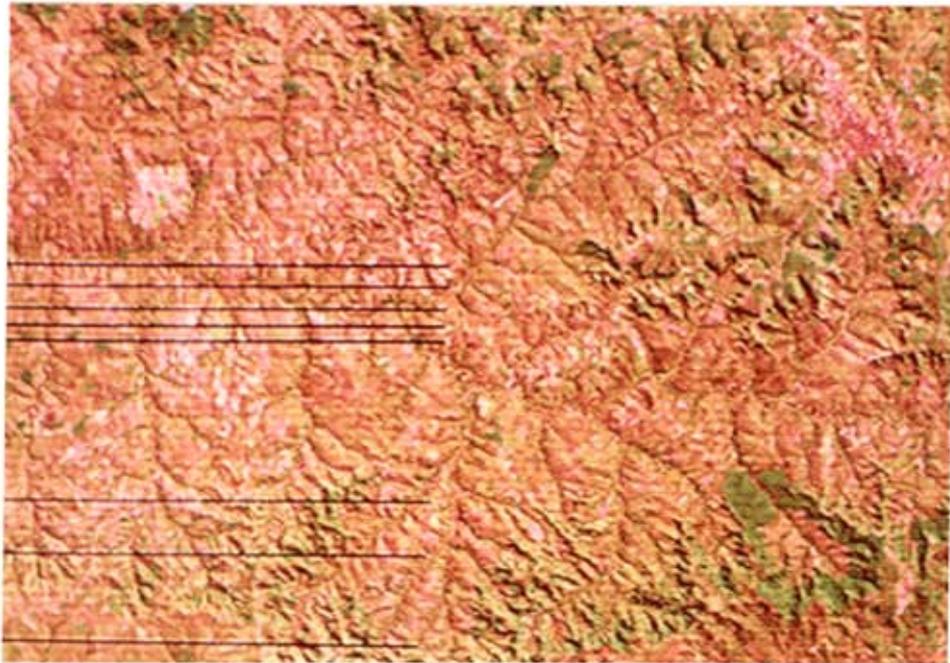


Fig. 4.12 - Imagem 206-27 - Composição colorida dos canais 7 (vermelho), 5 (verde) e 4 (azul) pela sua multiplicação pelo fator 2.

A Formação Marília apresenta-se delimitada pelas escarpas, apresentando cores marrom avermelhada e textura lisa nos platôs; a Formação Adamantina apresenta-se nas partes baixas com cores esverdeadas e densidade de drenagem mais alta.

Nessa mesma área foram utilizados os filtros bidimensionais curtos - Tipo 3, com os parâmetros $A = -1$, $B = -2$, $C = 28$ e $D = -2$. Aos novos canais foi aplicada a técnica de aumento de contraste, obtendo-se um resultado não satisfatório na discriminação de ambas as Formações.

Na imagem 220-27, escala de 1:680.000, usou-se primeiramente a imagem original nas combinações coloridas dos canais 5 (vermelho), 6 (verde), 7 (azul) e 7 (vermelho), 5 (verde) e 4 (azul) para fazer uma análise geral do comportamento das Formações Caiuã, Santo Anastácio e Adamantina.

Nesta análise geral, em ambas as composições foi verificado que existe uma boa discriminação entre as Formações Adamantina e Santo Anastácio, fato este também caracterizado na interpretação visual das imagens fotográficas em papel preto e branco. A Formação Santo Anastácio apresenta-se com textura lisa e tonalidade marrom-avermelhada, ocupando os vales das principais drenagens, enquanto a Formação Adamantina é bem evidenciada por uma textura mais rugosa, sendo caracterizada pelas tonalidades azuladas.

Já, em relação às Formações Santo Anastácio e Caiuã, isto não é observado (Figura 4.13).

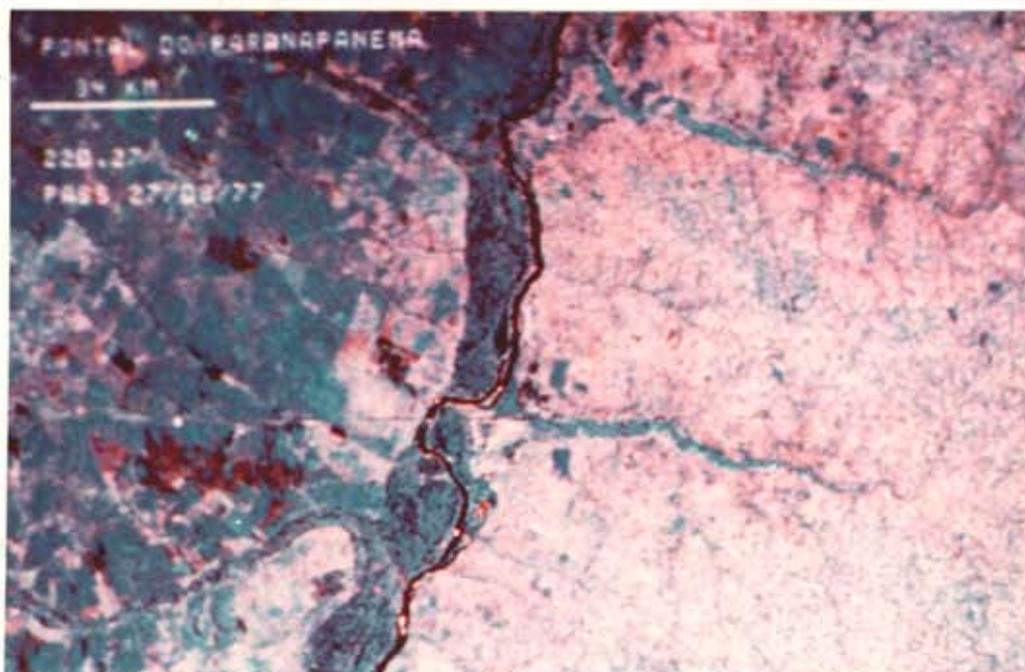


Fig. 4.13 - Imagem 220-27 - Composição colorida falsa-cordos canais 5 (vermelho), 6 (verde) e 7 (azul).

A Formação Santo Anastácio encontra-se representada por textura lisa e cor marrom-avermelhada e a Formação Adamantina por textura medianamente rugosa e cor azulada. No canto inferior esquerdo da foto, área de ocorrência das Formações Caiuã e Santo Anastácio, a discriminação não é tão evidenciada.

A seguir foi realizada uma ampliação da cena original da região do Pontal do Paranapanema na escala de 1:150.000.

a) Primeiramente efetuou-se uma composição colorida dos canais 7 (vermelho), 6 (verde) e 5 (azul).

Nesta composição, a Formação Caiuã ficou caracterizada nos afluentes da margem direita do rio Paranapanema, os rios Pirapozinho e Santo Antônio, por uma coloração amarela, coincidindo com a sua área de distribuição delimitada no mapa geológico.

Já no restante da área, esta formação já não mantém as mesmas características, passando a tons de cinza que se confundem com as tonalidades da Formação Santo Anastácio.

Do mesmo modo as cabeceiras do rio Anhumas, caracterizado por um relevo mais acidentado em virtude do contato brusco entre ambas as formações, não foi perfeitamente caracterizado, por serem as cores representativas de matas galerias, observando-se simplesmente uma textura de relevo mais rugosa.

A Formação Santo Anastácio apresentou, em seus pontos mais característicos, cores cinza-azulado claro.

Apesar das características, algumas vezes bem definidas de cada formação, não foi possível a delimitação de seus contatos seguindo um mesmo critério para toda a área.

b) A seguir aplicou-se a esta área o programa de Aumento de Contraste (Opção Linear) dos canais originais. Fez-se uma composição colorida destes novos canais, onde foram atribuídas as cores ao canal 7 (vermelha), 6 (verde) e 5 (azul).

Observou-se maior contraste entre ambas as formações; a Formação Caiuã apresenta coloração amarelo-acinzentada a cinza-médio e

a Formação Santo Anastácio, coloração cinza-azulado. Mesmo assim, não foi possível a delimitação de ambas as unidades litológicas (Figura 4.14).



Fig. 4.14 - Imagem 220-27 - Aumento de contraste e composição colorida do canal 7 (vermelho), 6 (verde) e 5 (azul).

A Formação Caiuã apresenta-se em cor amarelada e a Formação Santo Anastácio em cor esbranquiçada.

c) A seguir foi aplicada a esta área técnica de relação entre canais, utilizando as divisões 4/5 (vermelho) 5/6 (verde) 6/7 (azul).

Este programa possibilitou caracterização da Formação Caiuã através das tonalidades marrom-esverdeadas, bem caracterizadas ao longo do Rio Anhumas; para o restante da área não foi bem definida esta tonalidade.

d) A seguir foi utilizada a técnica de transformação dos Principais Componentes.

A primeira componente ficou com 72,1% das informações; a segunda, com 23,5%; e a terceira e quarta componentes com 2,2%, respectivamente.

Na primeira componente não foi possível fazer uma caracterização geral sobre a delimitação entre ambas as formações; houve apenas um realce na topografia nas zonas caracterizadas por um contato brusco entre as Formações Caiuã e Santo Anastácio, na região das cabeceiras do rio Anhumas.

A segunda componente não apresentou resultados satisfatórios nem a combinação colorida, com a componente 1 no vermelho e verde e a componente 2 no azul.

Às componentes 1 e 2 foi aplicada a técnica de Aumento de Contraste, observando-se uma descaracterização das áreas que evidenciavam as zonas de contato brusco bem realçadas na primeira componente.

Em Relação à extração de informações temáticas, fizeram-se os seguintes processamentos:

a) O Método do Paralelepípedo foi utilizado para a extração de informações das assinaturas espectrais das Formações Caiuã, Santo Anastácio e Adamantina, como o objetivo de obter parâmetros para o processamento estatístico de dados, com a finalidade de verificar o grau de separabilidade entre elas.

Para tanto, foi utilizada a Função Discriminante entre dois grupos, implementado no sistema B-6.800 do INPE por Mattos e Ohara (no prelo). Como dados foram usados os valores de variância, por caracterizarem o contraste entre os alvos de cada formação, obtidos através do Método Paralelepípedo.

Na Função Discriminante, utilizou-se o método de Regressão Linear para definir o grau de discriminação entre os grupos analisados.

Como teste de significância para esta Função Discriminante entre as duas populações, utilizou-se o Método de Distância Generalizada Mahalanobis D_2 para ser testado junto com a Distribuição F (Figura 4.15 e 4.16).

Através da representação gráfica dos dois alvos, verificou-se:

b) Através da Divisão de Intervalos de Intensidade (Processamento Normal), procurou-se caracterizar espectralmente a Formação Santo Anastácio em relação à Formação Adamantina, em uma área onde ambas as Formações são facilmente delimitadas nas imagens fotográficas branco e preto e nas composições coloridas (Figura 4.13), obtendo-se uma boa caracterização dos limites entre ambas (Figura 4.17).

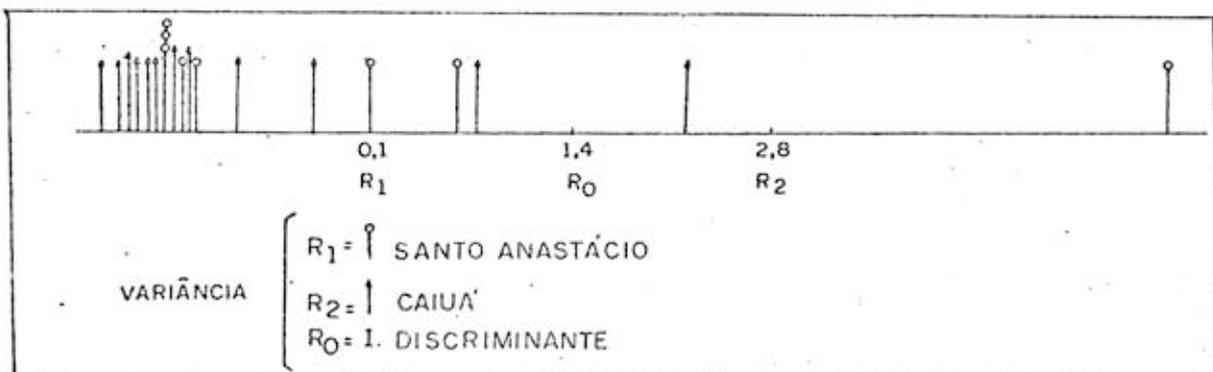


Fig. 4.15 - Gráfico representativo da Função Discriminante.

Verifica-se uma superposição da resposta espectral que apresenta a classe Caiuá (R_2) com a mesma resposta da classe Santo Anastácio (R_1). O teste F apresenta $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$, o que mostra que as duas médias populacionais de variância são iguais, não existindo discriminação.

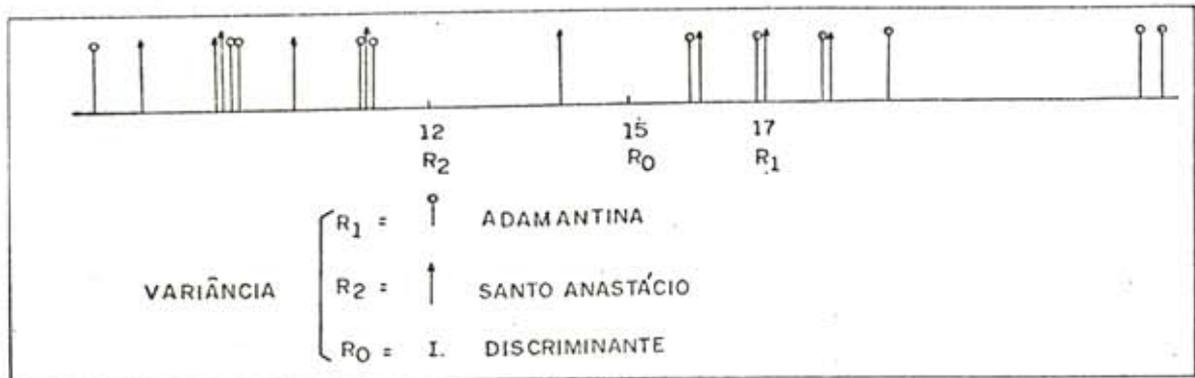


Fig. 4.16 - Gráfico representativo da Função Discriminante.

Verifica-se uma igualdade de resposta em alguns níveis, dentro do "range" de resposta espectral. O teste F apresenta $F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$, não existindo discriminação entre as classes.

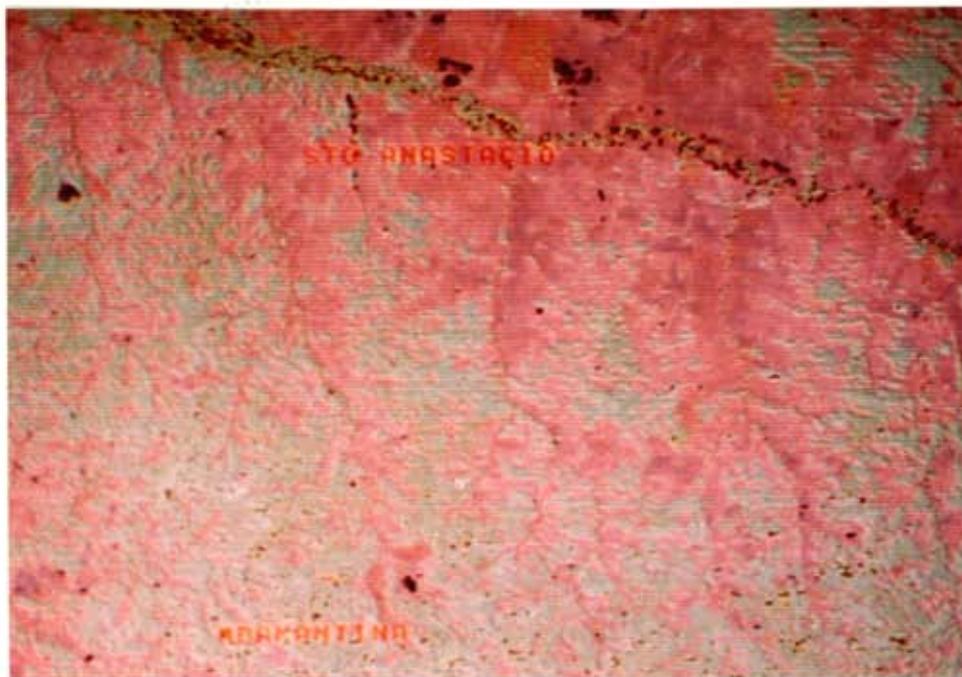


Fig. 4.17 - Imagem 220-27 - área norte (Região de Dracena) Divisão de Intervalos de Intensidade.

A Formação Adamantina apresenta-se em cor esverdeada e textura medianamente rugosa, e a Formação Santo Anastácio em cor cinza-escuro e textura lisa.

Este teste foi utilizado com o objetivo de empregar os algoritmos de classificação supervisionada e não-supervisionada.

c) Sistema Maxver

Para a utilização do classificador bayesiano foram criadas sete classes (Tabela 4.2); para cada uma foram selecionadas áreas testes e de treinamento.

Como mostra a matriz de classificação de áreas teste da Tabela 4.2, o desempenho médio foi de 53,7% e a confusão média de 45,2%.

TABELA 4.2

CLASSES E MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS TESTES

CLASSE	NÚMERO DE PONTOS	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO							
		N	1	2	3	4	5	6	7
Adamantina	968,0	0,9	42,1	16,0	25,1	0,0	15,8	0,0	0,0
Santo Anastácio	968,0	4,6	5,5	22,6	37,7	15,3	14,2	0,1	0,0
Caiuã	1452,0	0,3	18,7	15,9	34,1	0,1	30,9	0,0	0,0
Aluvião	968,0	0,6	0,0	0,4	0,7	89,4	1,7	7,2	0,0
Mato Grosso	968,0	0,4	23,9	4,0	31,5	0,8	39,4	0,0	0,0
Mata	968,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	95,9	0,0
Água	180,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,9

DESEMPENHO MÉDIO DM = 53,7%
ABSTENÇÃO MÉDIA AM = 1,1%
CONFUSÃO MÉDIA = 45,2%

A matriz de classificação de áreas de treinamento mostrou um desempenho médio de 72% e uma confusão média de 27,8% (Tabela 4.3).

TABELA 4.3

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE TREINAMENTO

CLASSES	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO							
	N	1	2	3	4	5	6	7
1. Adamantina	0,5	71,0	5,0	9,5	1,5	12,5	0,0	0,0
2. Santo Anastácio	0,5	51,5	21,0	17,5	0,5	9,0	0,0	0,0
3. Caiuã	0,0	5,3	2,3	77,0	1,7	13,7	0,0	0,0
4. Aluvião	0,0	0,0	1,0	1,5	87,0	2,5	8,0	0,0
5. Mato Grosso	0,0	10,0	2,5	15,0	0,5	72,0	0,0	0,0
6. Mata	0,5	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	96,5	0,0
7. Água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
DESEMPENHO MÉDIO DM = 72,0%								
ABSTENÇÃO MÉDIA AM = 0,2%								
CONFUSÃO MÉDIA CM = 27,8%								

OBS.: Para as classes 1, 2, 4, 5 e 6 foram analisados 242 pontos, para a classe 3, 363 pontos e para a classe 7, 45 pontos.

Na classificação final, não foi possível uma perfeita caracterização das diversas classes, devido aos valores altos de comissão.

A seguir foi aplicado às classes o algoritmo de classificação Média-K, que tem a capacidade de agrupar os dados em até 32 classes, das quais selecionaram-se 7 que não apresentaram resultado satisfatório, ou seja, não permitiram caracterizar as formações em estudo.

Para testar os resultados da classificação Média-K, foram utilizadas as áreas testes da Classificação Maxver. O resultado da matriz de Classificação (Tabela 4.4) que considerou como parâmetros de treinamento os definidos pelo algoritmo de Média-K, mostra que os erros

de comissão foram altos; o erro de omissão da Formação Caiuã foi igual a 100%, enquanto o de comissão da Formação Caiuã, em relação à Formação Santo Anastácio, foi de 70,2%, em virtude da alta similaridade espectral entre as duas formações.

TABELA 4.4

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA TESTE-PARÂMETROS MÉDIA-K

CLASSES	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO							
	N	1	2	3	4	5	6	7
1. Adamantina	0,2	47,0	37,8	0,0	0,0	0,1	0,0	14,9
2. Santo Anastácio	2,7	9,1	41,4	1,9	0,0	8,3	0,0	36,7
3. Caiuã	0,1	17,1	<u>70,2</u>	<u>0,0</u>	0,1	0,3	0,0	12,1
4. Aluvião	7,9	0,0	0,1	47,4	0,0	38,0	0,0	6,6
5. Mato Grosso	0,2	20,2	61,7	0,0	0,0	1,0	0,0	16,8
6. Mata	0,0	0,0	0,0	99,8	0,0	0,2	0,0	0,0
7. Água	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

DESEMPENHO MÉDIO DM = 13,4%
ABSTENÇÃO MÉDIA AM = 4,4%
CONFUSÃO MÉDIA CM = 82,2%

A aplicação do Algoritmo de Extração de Atributos Espaciais conjugado ao Sistema Maxver também não apresentou resultado satisfatório como mostra a matriz de classificação de área teste (Tabela 4.5), onde o erro de comissão entre as classes Caiuã, Santo Anastácio e Adamantina é muito alto.

TABELA 4.5

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA TESTE - SELATR - MAXVER

CLASSES	MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO							
	N	1	2	3	4	5	6	7
1. Adamantina	6,1	18,0	62,6	4,4	0,0	8,9	0,0	0,0
2. Santo Anastácio	7,3	0,7	43,2	23,9	13,3	11,6	0,0	0,0
3. Caiuã	0,0	0,0	46,4	29,8	0,0	23,8	0,0	0,0
4. Aluvião	0,5	0,0	0,0	0,0	98,6	0,6	0,3	0,0
5. Mato Grosso	2,4	0,0	28,1	28,6	0,0	40,9	0,0	0,0
6. Mata	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	0,0
7. Água	35,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	57,8
DESEMPENHO MÉDIO DM = 53,1% ABSTENÇÃO MÉDIA AM = 3,6% CONFUSÃO MÉDIA CM = 43,3%								

4.6 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

No final do Jurássico, inicia-se um ciclo vulcânico que recobre a bacia com lavas basálticas, atingindo este evento a sua maior intensidade no Cretáceo Inferior. Regionalmente o arco de Ponta Grossa constitui o maior elemento geotectônico, área fonte primordial do evento magmático (Soares et alii, 1979).

Este ciclo marca o início da Reatividade Wealdeniana e, conseqüentemente, o estabelecimento das bacias marginais; o interior continental é alvo de intensa movimentação tectônica, que dá origem a um padrão de falhamentos verticais que modelaram o embasamento basáltico pré-Bauru (Suguio et alii, 1977). O padrão de falhamento que afetou os derrames basáltico deveu-se a uma grande subsidência que se processou no Cretáceo Inferior, provavelmente em compensação ao volume de magma transferido para a superfície, (Almeida, 1981).

A compartimentação da bacia torna-se mais intensa em virtude dos processos que aceleram ainda mais a razão de levantamento dos arcos marginais, que dentro de um padrão de falhamentos normais originam um sistema "Horst" e "Graben", continentais, que iniciam o processo de formação do Arco da Serra do Mar. Este último, juntamente com os Arcos da Canastra ao norte e de Ponta Grossa ao sul, formam o grande arcabouço oriental da Bacia de deposição Bauru, no Cretáceo (Soares et alii, 1979).

Segundo Suguio (1973), testemunhos deste ciclo tectônico pré-Bauru são encontrados na região Bauru-Agudos, onde sedimentos da Formação Bauru depositam-se diretamente sobre a Formação Botucatu, em virtude de um grande "horst" na região que elevou as sequências basálticas posteriormente removidas pela erosão.

Segundo este autor, a bacia de deposição Bauru constituía uma bacia monoclinal de ativa tectônica, inclinada para o Arco de Ponta Grossa, com soerguimento mais acentuado para norte, junto ao Arco da Canastra, enquanto o soerguimento da área sul foi gradativo e limitado, o que explica o aumento de espessura dos sedimentos em direção à calha do Rio Paranã.

A deposição do Grupo Bauru progrediu continuamente, não se observando descontinuidades correspondentes a hiatus erosivos, significativos, caracterizados por processos tectônicos que se limitaram ao soerguimento dos arcos marginais, à diferenciação das taxas de subsidência e à variação do padrão de distribuição das diversas formações (Almeida, 1981).

Segundo Suguio et alii (1977), o ciclo inicial da sedimentação Bauru deu-se em um relevo bastante irregular, motivado pelo evento tectônico pós-basáltico e por um período de intensa erosão, que desenvolve a denominada "Superfície Pós-Gondwânica" (Soares, 1973). A bacia de deposição não mostra características de intensa subsidência, sendo mais representativa de um sítio deposicional adjacente à elevação dos arcos marginais.

Esse relevo irregular favoreceu uma sedimentação lacustre e somente após uma suavização do relevo, em função de um assoreamento das irregularidades, é que se desenvolveu uma fase de sedimentação fluvial (Soares et alii, 1979).

Segundo Suguio (1973), o Grupo Bauru foi depositado em ambiente continental flúvio-lacustre, caracterizado no início da sedimentação por um clima úmido, que passa progressivamente a semi-árido, assistido por tectônica de falhamentos e ligado aos limites das áreas estruturais do arco de Ponta Grossa e do Arco da Canastra. A Formação Caiuã, que constitui a parte basal do Grupo Bauru, em função da sua distribuição, sugere um embaciamento restrito, com centro deposicional na região do Pontal do Paranapanema, depositada predominantemente em um ambiente flúvio-lacustre, e admite depósitos de contribuição eólica em áreas marginais desta bacia.

Progressivamente ocorre a migração do centro deposicional para oeste, sendo o ambiente lacustre substituído por um sistema fluvial de baixa energia, com deposição lacustre e canais anastomosados que constituem a Formação Santo Anastácio.

A Formação Adamantina caracteriza-se por uma organização no ambiente fluvial, com rios de grande porte e alta energia, e é constituída de depósitos de canais e planície de inundação.

Os depósitos do final do Grupo Bauru evidenciam uma crescente aridez climática, e o ambiente deposicional é processado em regimes torrenciais, de leques aluviais e deposição de pavimentos detriticos, havendo cimentação de carbonatos do tipo "caliche" (Almeida, 1981).

Durante a sedimentação Bauru não há adição de novos elementos tectônicos, a não ser o contínuo levantamento dos arcos, assim como variações climáticas associadas à evolução dos sedimentos que governam praticamente todo o evento sedimentar Bauru.

No período pós-Bauru, já no Terciário, intensos movimentos tectônicos afetaram os sedimentos, com grandes movimentos de basculamento tectônico no interior continental, em direção ao novo eixo estrutural da bacia, representada pela calha do rio Paraná. A movimentação com adernamento de grandes blocos causam zonas de fraturamentos em seus sedimentos, ao longo das faixas de fraqueza pré-Bauru reativadas, assim como deformação local das camadas (Soares et alii, 1979).

Segundo Fúlfaro (1971), após a deposição Bauru pequenas falhas individuais começaram a ser reativadas, ocorrendo a sobrelevação tectônica do planalto basáltico por esse sistema de falhamento em degraus, o que finalizou o processo de soerguimento da Serra Geral. Esse evento tectônico intensificou o processo erosivo, transportando os detritos para oeste; conseqüentemente ocasionou a desorganização da drenagem que antes fluía livremente e agora encontra grandes barreiras naturais que constituem os depósitos sedimentares recentes.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

A interpretação visual das imagens consistiu basicamente na identificação e análise dos diferentes padrões tonais e texturais, utilizando os canais 5 e 7, que melhor resposta ofereceram para o desenvolvimento deste estudo, como já verificado em trabalhos com imagens multiespectrais.

As imagens MSS-LANDSAT utilizadas neste trabalho demonstraram sua viabilidade, mesmo para o mapeamento de áreas sedimentares monótonas, em virtude do seu carácter multiespectral e da visão regional fornecida pelas imagens, o que possibilitou caracterizar e definir espectralmente a distribuição espacial das formações em sua grande área de ocorrência.

Fotogeologicamente foi possível definir, através das imagens, contatos entre as diversas formações, mesmo sem apresentar diferenças discrepantes; os critérios para a diferenciação litológica através de imagens tornam-se menos confiáveis em áreas sedimentares totalmente arrasadas e aplainadas, como verificado na região do Pontal do Paranapanema, entre as Formações Caiuã e Santo Anastácio.

Entre os critérios visuais utilizados para a diferenciação litológica, ficou bem evidenciada nas imagens a Formação Marília, pelo seu relevo escarpado e pelas tonalidades claras obtidas no canal 7. A Formação Adamantina é bem evidenciada, em relação à Formação Santo Anastácio, por uma densidade de drenagem alta e por uma textura de relevo fracamente rugosa em relação a uma textura lisa e baixa densidade de drenagem.

Quanto ao ambiente de deposição da Formação Caiuã, este é predominantemente aquoso, mas ficam bem evidenciados depósitos em condições eólicas, como constatado na base do Morro do Diabo, os quais

provavelmente se originam do retrabalhamento dos sedimentos em áreas marginais da bacia Caiuã.

A área de ocorrência dos sedimentos Santo Anastácio tem seu limite aumentado a leste das principais drenagens e ao norte da calha do Rio Paranã, onde ultrapassa a localidade de Santa Fé do Sul.

Considerando a escala dos produtos LANDSAT, a divisão estratigráfica adotada neste trabalho para o Grupo Bauru é a mais confiável, pois a divisão das formações em litofacies não permite uma definição dos seus limites com um grau de confiabilidade aceitável, possibilitando simplesmente, devido à grande área mapeada, definir regiões com predominância litológicas em função de pequenas variações de suas características fotogeológicas.

Em relação aos mapas geológicos e trabalhos anteriores sobre o Grupo Bauru no Estado de São Paulo, constatou-se que:

As relações de contato entre a Formação Santo Anastácio e a Formação Caiuã comportam-se de forma transicional, mas podem localmente apresentar contatos bruscos, caracterizados por arenitos com dominância da fração média Caiuã, em contato com arenitos finos a médios da Formação Santo Anastácio, verificado nas proximidades Planalto do Sul (SP).

No mapa geológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:1.000.000, estão mapeadas pequenas manchas de sedimentos Bauru nas áreas do reverso das "Cuestas basálticas".

Alguns destes depósitos são definidos neste trabalho como depósitos cenozóicos, correlacionados à Serra de Itaqueri (Cottas e Barcelos, 1981). Os depósitos da Serra de Avaré, Serra de São Carlos e Serra do Cuscuzeiro estão ainda inclusos no Grupo Bauru. Os sedimentos da Serra dos Dourados foram definidos como Formação Adamantina e a localidade de Rubião Júnior, como Formação Marília.

Ainda como referência às ocorrências mais restritas, os sedimentos de Franca e Batatais permanecem no Grupo Bauru como Formação Adamantina.

Em virtude das características definidas nas imagens, aliadas a trabalhos de campo, fica sem dúvida evidenciada a ocorrência da Formação Marília, a qual constitui o Planalto de Monte Alto, o que não é admitido por Almeida et alii (1981).

De uma maneira geral, o tratamento automático mostrou que os programas de pré-processamento podem fornecer uma caracterização das unidades estudadas melhor que o procedimento de extração de informações temáticas. Não conseguiram fornecer uma informação que permitisse uma interpretação visual satisfatória, em relação aos produtos fotográficos em papel branco e preto.

A ineficácia do sistema de classificação utilizado na tentativa de retratar as diferentes unidades litológicas, reflete as similaridades de suas assinaturas espectrais nos canais do LANDSAT, como mostrou a Análise Discriminante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico Geológico*, (41):169-263, 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. de; BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM*, (143):1-96, 1953.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT, 1981: 126 p. (Monografia IPT, 6).
- ALMEIDA, M.A. de; DANTAS, A.S.L.; FERNANDES, L.A.; SAKATE, M.T.; GIMENES, A.F.; TEIXEIRA, A.L.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M. de. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, p. 77-89.
- ALMEIDA, M.A. de; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; BISTRICHI, C.A.; PONÇANO, W.L.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de. Geologia do Oeste paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato-Grosso e Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais*. Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. v. 5, p. 2799-2812.
- AMARAL, G. Padrões fotogeológicos das litofáceas da Formação Bauru no Estado de São Paulo, como observadas em imagens LANDSAT. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 439-449.
- AMARAL, G.; ARID, F.M. "Trend Surface Analysis" aplicada ao estudo da Formação Bauru no noroeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Resumo das Comunicações*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. p. 113.

- AMARAL, G.; LIU, C.C.; ALMEIDA, R.F. Aplicação de imagens dos Satélites LANDSAT à integração geológica regional no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 226-230.
- AMARAL, G.; LIU, C.C.; ALMEIDA, R.F. *Mapa Geológico de parte do Estado de São Paulo baseado em Imagens LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1437-RPE/02).
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (ASP). *Manual of Remote Sensing*. Falls Church, VA, 1975. v. 2.
- ARID, F.M. *A Formação Bauru na região norte - ocidental do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, São José do Rio Preto, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1967.
- ARID, F.M. Comportamento Espacial da Formação Bauru na região Norte Ocidental do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 3(1):23-35, 1973.
- ARID, F.M.; BARCHA, S.F. Sedimentos neocenoicos no Vale Rio Grande. *Sedimentologia e Pedologia*, (2):1-29, 1971.
- ARID, F.; CASTRO, P.R.M.; BARCHA, S.F. Estudos hidrogeológicos no município de São José do Rio Preto. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 19(1):43-71, 1970.
- ARID, F.M.; VIZOTTO, L.D.; LANDIN, P.M.B. A ocorrência de um Jazigo Fossilífero nos arredores de São José do Rio Preto. *Ciência e Cultura*, 14(3):172, 1962. (Resumo das Comunicações).
- BAKER, C.L. The Lava field of the Parana Basin, South America. *Geology*, 31(1):69-79, 1923.
- BARCELOS, J.H.; LANDIN, L.M.B.; SUGUIO, K. Análise estratigráfica das seqüências cretáceas do Triângulo Mineiro (MG) e suas correlações com as do Estado de São Paulo, In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, p. 90-102.

- BARCHA, S.F. Estratigrafia do Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 48-62.
- BJORNBERG, A.J.S.; LANDIN, P.M.B.; BÓSIO, N.J. Observações sobre a deposição do sedimento Bauru na região Centro Ocidental do Estado de São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 19(1): 79-80, 1970.
- BÓSIO, N.J.; LANDIN, P.M.B. Formação Caiuã: sedimentologia e estratigrafia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Resumo das comunicações*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1969. p. 54. (Publicação especial, 1).
- BÓSIO, N.J.; LANDIN, P.M.B. Um estudo sedimentológico sobre a Formação Caiuã. *Boletim Paranaense de Geociências*, (28/29): 145-157, 1971.
- BRANDT NETO, M. *Estratigrafia da formação Bauru na região do baixo Tietê*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, Instituto de Geociências, 1977. 74 p.
- BRANDT NETO, M.; COIMBRA, A.M.; BARELLI SPILLER, L.R. Sedimentos da Serra de Itaqueri. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geociências. p. 63-86.
- COIMBRA, A.M. *Arenitos da formação Bauru; estudo de áreas fonte*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, Instituto de Geociências, 1976. 2 v.
- COIMBRA, A.M.; BRANDT NETO, M.; PETRI, S. O alinhamento estrutural do Tietê. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 145-152.

- COTTAS, L.R.; FULFARO, V.J. Mapeamento geológico da área de Nuporanga, Batatais, SP, e estratigrafia dos depósitos sedimentares mesozóicos e cenozóicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978. v. 11, p. 98-107.
- COTTAS, L.R.; BARCELOS, J.H. Novas considerações sobre a região de Itaqueri da Serra, São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, p. 70-76.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). *Estudo das águas subterrâneas, região administrativa 6, Ribeirão Preto*. São Paulo, 1974.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). *Estudo das águas subterrâneas, regiões administrativas 7, 8 e 9, Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba*. São Paulo, 1976.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). *Mapa geológico das regiões administrativas 10 e 11, Presidente Prudente e Marília: escala: 1:500.000*. São Paulo, 1979.
- DUTRA, L.V. *Estração de atributos espaciais em Imagens Multiespectrais*. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2315-TDL/078).
- DUTRA, L.V.; SOUZA DE, R.C.M.; Ii, F.A.M.; MOREIRA, J.C. *Análise automática de Imagens Multiespectrais*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2212-MD/009).
- FIORI, A.P. *Estratigrafia do Grupo Tubarão (Formação Aquidauana) na região Sudeste do Estado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, Instituto de Geociências, 1977. 86 p.
- FREITAS, R.O. Grupo Bauru. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, (41):126-147, 1964.
- FREITAS, R.O. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP*. Geologia, (14):1-185, 1955.

- FÚLFARO, V.J. O cenozóico da Bacia do Paranã. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. *Atas.* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. v. 1, p. 2-31.
- FÚLFARO, V.J. A evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paranã pelo "Trend Surface Analysis". *Publicação da Escola de Engenharia de São Carlos, Geologia*, (14):1-112, 1971.
- FÚLFARO, V.J.; SUGUIO, K. O Cenozóico Paulista; Gênese e Idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais.* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. n. 3, p. 91-101.
- FUNDAÇÃO DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Geografia do Brasil, Região Sudeste.* São Paulo, 1977.
- GENERAL ELECTRIC (GE). *Image-100 - enteractive multispectral image analysis system; user manual.* Daytona, FL, 1975.
- HALBORTY, M.T. Application of LANDSAT Imagens to Petrolever and Mineral Explanation. *The Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 60(5):745-793, 1976.
- HARTIGAN, J.A. *Clustering algorithms.* New York, John Wiley, 1975.
- HOWARD, A.D. Drainage analysis in geologic interpretation. *The Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist*, 51(11):2246-2259, Nov. 1967.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (IGG). *Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000.* São Paulo, 1974.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Curso de treinamento; aplicações de Sensoriamento Remoto com ênfase em imagens LANDSAT, no levantamento de recursos naturais.* São José dos Campos, INPE, nov. 1980. 253 p. (INPE-1949-MD/006).
- LANDIN, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. Nota sobre gênese da Formação Caiuã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais.* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. v. 2, p. 277-280.

- LANDIN, P.M.B.; SOARES, P.C. Estratigrafia da Formação Caiuã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. *Anais*. Ouro Preto, Sociedade Brasileira de Geologia, 1976. v. 2, p. 195-206.
- LEBERL, F.; SOHA, J.; MEIJERINK, A. Digital Picture Processing and its Impact on Image Interpretation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, Freiburg, July 1978. *Proceedings*. Vukusr, Krause-Druch, 1978. v. 1, p. 245-260.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation*. New York, John Wiley, 1979.
- MATTOS, J.T.; OHARA, T. *Função discriminante linear entre dois grupos*. São José dos Campos, INPE. No prelo.
- MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do Arenito Bauru. *Boletim do Instituto de Geografia e Geologia*, (51):1-163, 1974.
- MEZZALIRA, S. Aspectos paleoecológicos da Formação Bauru no Estado de São Paulo e Regiões Adjacentes. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 1-14.
- PETRI, S. Charophyta cretácico de São Paulo, Formação Bauru. *Revista da Sociedade Brasileira de Geologia*, 41(1):67-72, 1955.
- NORTHFLEET, A.; MEDEIROS, R.; MUHLMAN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Baía do Paranã. *Boletim técnico da PETROBRÁS*, 12(3): 291-346, 1969.
- PRICE, L.I. Os crocodilídeos da fauna da Formação Bauru do Cretáceo Terrestre do Brasil Meridional. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 22(4):473-490, 1950.
- PRICE, I.C. Os quelônios da Formação Bauru, Cretáceo Terrestre do Brasil Meridional. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, (147):1-39, 1953.

- RIBEIRO, E.A.; Ii, F.A.M.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V.; OLIVEIRA, S.B.M. Processamento de Imagens e Classificações de Padrões. In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Curso de treinamento: aplicações de sensoriamento remoto, com ênfase em imagens LANDSAT, no levantamento de recursos naturais*. São José dos Campos, INPE, 1980. cap. 3, p. 3.13-43. (INPE-1949-MD/006).
- RICCOMINI, C.; GIMENEZ FILHO, A.; PIRES NETO, A.G.; STEIN, D.P.; ALMEIDA, F.F.M. de; DEHIRA, L.K.; MELO, M.S. de; BRAGA, T. de O.; PONÇANO, W.L. Características da porção basal da Formação Caiuã, no noroeste do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, núcleo de São Paulo, 1981. v. 2, p. 34-48.
- RIVERAU, J.C. *Notas de aula do curso de fotointerpretação*. Ouro Preto, Sociedade Internacional de Cultura da Escola de Geologia de Ouro Preto, 1972.
- RODRIGUES, J.E. *Aplicação de sensoriamento remoto no estudo do comportamento geológico da região do complexo alcalino de Itatiaia*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-2220-TDL/062).
- ROXO, M.G. de O. Crocodileanos fósseis do Brasil. *Notas Preliminares e Estudos. Divisão de Geologia e Mineralogia*, (14):9-15, 1937.
- SALAMUNE, R.; LANDIN, P.M.B.; SLONGO, T.T.; SOBREIRO NETO, A.F.; PAIVA FILHO, A. Observações sobre o ambiente de deposição da Formação Caiuã no noroeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1981. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. v. 2, p. 25-33.
- SANTOS DOS, A.R.; ANJOS DOS, C.E.; MOREIRA, J.C.; BARBOSA, M.P.; VENEZIANI, P. Tratamento automático aplicado à resolução de problemas geológicos (Projeto Estudo de Rochas Intrusivas). São José dos Campos, INPE. No prelo.

- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMAN, H.; TOMMAZI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. v. 1, p. 41-65.
- SIMONETT, D.S.; LINTZ JR., J. *Remote sensing of environment*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1976.
- SOARES, P.C. *O mesozóico gondwânico no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado na Faculdade de Ciências e Letras. Rio Claro, 1973.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*, 16(32):71-104, 1976.
- SOARES, P.C.; LANDIN, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; AMARAL, G.; SUGUIO, K.; COIMBRA, A.M.; SOBREIRO NETO, A.C.; GIACURSI, F.D.; CORREA, W.A.G.; CASTRO, C.G.J. Geologia da Região sudoeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. v. 2, p. 307-319.
- SOARES, P.C.; LANDIN, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, 10(3):177-185, 1980.
- STEIN, D.P.; MELO, M.S.; BISTRICH, C.A.; ALMEIDA, M.A. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; ALMEIDA, F.F.M. de Geologia de parte dos vales dos rios Paraná e Paranapanema. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. v. 2, p. 291-306.
- SUGUIO, K.A. *Formação Bauru: calcários e sedimentos detríticos associados*. Tese de Livre Docência. São Paulo, Instituto de Geociências da USP, 1973. 2 v.

- SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisões estratigráficas do Grupo Bauru. In: MESA REDONDA: A FORMAÇÃO BAURU NO ESTADO DE SÃO PAULO E REGIÕES ADJACENTES, São Paulo, 1980. *Coletânea de trabalhos e debates*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 15-30.
- SUGUIO, K.; FÚLFARO, V.J.; AMARAL, G.; GUIDORZI, L.A. Comportamentos estratigráficos e estrutural da Formação Bauru, nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Preto) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., São Paulo, 1977. *Atas*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p. 231-244.
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER*; manual do usuário. São José dos Campos, INPE, jul., 1980. (INPE-1315-NTI/110).
- WASHBURNE, C.W. Petroleum Geology of the State of São Paulo, Brasil. *Boletim da Comissão Geográfica e Geológica*, (22):1-282, 1930.

APÊNDICE A

MAPAS GEOLÓGICOS

- 1 - Loanda
- 2 - Presidente Prudente
- 3 - Dracena
- 4 - Andradina
- 5 - Iturama
- 6 - Votuporanga
- 7 - Araçatuba
- 8 - Marília
- 9 - Itapetininga
- 10 - Bauru
- 11 - Araraquara
- 12 - São José do Rio Preto
- 13 - Franca