KENITIRO SUGUIO

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T/156
U.S.P.

DEDALUS - Acervo - IGC
30900005727

FORMAÇÃO BAURU

CALCÁRIOS E SEDIMENTOS DETRÍTICOS ASSOCIADOS

VOLUME I

Tese de Livre Docência apresentada ao Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

SÃO PAULO
JULHO DE 1973

T
S947
K.f
v.1
e.2

ERRATA : Página 178 ; 25ª linha.

Suprima-se : ..... de água de umidade e .....

e.2

ÍNDICE

CAPÍTULO I 1

INTRODUÇÃO 1

1 - GENERALIDADES 1

2 - OBJETIVOS E ÁREA DE ESTUDO 3

3 - AGRADECIMENTOS 3

4 - TRABALHOS PRÉVIOS 6

5 - TRAÇOS FISIOGRÁFICOS, CLIMA E VEGETAÇÃO 7

5.1. Geomorfologia 7

5.1.1. Estado de São Paulo 8

5.1.2. Triângulo Mineiro 10

5.1.3. Sul de Goiás e sudeste de Mato Grosso 12

5.2. Clima 13

5.3. Vegetação 15

6 - ÁREA GEOGRÁFICA E ESPESSURA DA FORMAÇÃO BAURU 16

6.1. Área geográfica 16

6.2. Espessura 17

7 - ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO BAURU 21

CAPÍTULO II 26

TRABALHOS DE CAMPO 26

1 - SEÇÕES COLUNARES 26

1.1. Seção colunar nº1 : SC-1 28

1.2. Seção colunar nº2 : SC-2 30

1.3. Seção colunar nº3 : SC-3 31

1.4. Seção colunar nº4 : SC-4 31

1.5. Seção colunar nº5 : SC-5 32

1.6. Seção colunar nº6 : SC-6 33

1.7. Seção colunar nº7 : SC-7 33

1.8. Seção colunar nº8 : SC-8 34

1.9. Seção colunar nº9 : SC-9 35

1.10. Seção colunar nº10:SC-10 36

1.11. Seção colunar nº11:SC-11 37

1.12. Seção colunar nº12:SC-12 37

1.13. Seção colunar nº13:SC-13 38

1.14. Seção colunar nº14:SC-14 38

1.15. Seção colunar nº15:SC-15 39

1.16. Seção colunar nº16:SC-16 39

1.17. Seção colunar nº17:SC-17 40

1.18. Seção colunar nº18:SC-18 41

2 - SEÇÕES GEOLÓGICAS 41

2.1. Seção geológica nº1 : SG-1 42

2.2. Seção geológica nº2 : SG-2 43

2.3. Seção geológica nº3 : SG-3 45

2.4. Seção geológica nº4 : SG-4 47

3 - AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS 49

3.1. Natureza dos materiais amostrados 51

3.1.1. Calcários 51

3.1.2. Arenitos e clásticos mais finos 52

3.1.3. Seixos, conglomerados e brechas 53

3.1.4. Concreções calcárias 53

3.1.5. Materiais silicificados 54

CAPÍTULO III 62

SEDIMENTOS DETRÍTICOS 62

1 - ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS 62

1.1. Generalidades 62

1.2. Amostragem, materiais e métodos de análise 63

1.3. Classificação dos sedimentos 65

1.4. Número de classes texturais 67

1.5. Parâmetros estatísticos de FOLK e WARD 68

1.5.1. Diâmetro médio (Mz) 69

1.5.2. Desvio Padrão (σ_I) 71

1.5.3. Grau de assimetria (Sk_I) 72

1.5.4. Curtose (K_G) 74

1.6. Método gráfico de SAHU 76

1.6.1. Generalidades 76

1.6.2. Grupos de amostras e resultados 78

2 - ESTUDO DE SEIXOS 81

2.1. Generalidades 81

2.2. Litologia 82

2.3. Morfometria 83

2.3.1. Esfericidade e forma 84

2.3.2. Arredondamento 85

2.4. Conclusões 86

3 - ESTRUTURAS SEDIMENTARES 87

3.1. Principalmente singenéticas 89

3.1.1. Tamanho e forma dos corpos rochosos 89

3.1.2. Marcas onduladas 90

3.1.3. Estratificação 90

3.1.4. Fósseis 95

3.2. Principalmente epigenéticas 96

3.2.1. Natureza dos contatos 96

3.2.2. Dobras e falhas adiastróficas 97

3.2.3. Marcas de deformação 98

3.2.4. Conglomerados e brechas intraformacionais 99

3.2.5. Concreções ou nódulos 100

4 - PALEOCORRENTES DEPOSICIONAIS 102

4.1. Estratificações cruzadas 102

4.1.1. Medidas de campo 103

4.1.2. Representação gráfica e tratamento estatístico 105

4.2. Petrofábrica de seixos 107

4.2.1. Coleta de amostras e medidas de campo 108

4.2.2. Medidas de laboratório, representação gráfica e tratamento estatístico 109

4.3. Discussão dos resultados 110

5 - TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO 114

5.1. Objetivos e método de estudo 115

5.2. Resultados e discussões 116

6 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS CLÁSTICOS 119

6.1. Minerais alotígenos 120

6.1.1. Fração leve 120

6.1.2. Fração pesada 121

6.2. Minerais autígenos 126

CAPÍTULO IV 129

SEDIMENTOS CALCÁRIOS 129

1 - SITUAÇÃO DE CAMPO 129

1.1. Triângulo Mineiro 129

1.2. Goiás e Mato Grosso 132

1.3. Estado de São Paulo 133

2 - DADOS DE SUBSUPERFÍCIE 136

3 - MÉTODOS DE LABORATÓRIO 138

3.1. Exame macroscópico de seção polida 138

3.2. Exame microscópico de seção delgada 139

3.3. Análise química 139

3.4. Análise de resíduos insolúveis em ácido clorídrico 140

4 - DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA 140

4.1. Tipos observados 141

4.1.1. Calcário homogêneo 141

4.1.2. Calcário "brechóide" 141

4.1.3. Calcário conglomerático 142

4.1.4. Calcário arenoso 143

4.1.5. Calcário silicificado 144

4.1.6. Calcário de caliche 144

4.1.7. Arenito silicificado 145

5 - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA 145

5.1. Aspectos texturais 146

5.1.1. Grau de cristalinidade da calcita 146

5.1.2. Granulação dos clásticos insolúveis 148

5.1.3. Hábito cristalino da calcita 148

5.2. Aspectos estruturais 149

5.2.1. Estruturas de silicificação 149

5.2.2. Estruturas de veios e drusas 150

5.2.3. "Estruturas algálicas" 150

5.2.4. Estruturas de oóide ou globóide 151

5.2.5. "Bolsas arenosas" 153

5.2.6. Calcita e calcedônia aureoladas 154

5.2.7. Microporosidade 155

5.2.8. Corrosão de grãos de quartzo e quartzito 155

5.2.9. Estruturas coloformes 156

6 - RESÍDUOS INSOLÚVEIS EM ÁCIDO CLORÍDRICO 156

6.1. Finalidades do estudo 156

6.2. Método de trabalho e material analisado 157

6.3. Resultados obtidos 159

6.3.1. Freqüência de resíduos insolúveis 159

6.3.2. Composição mineralógica dos insolúveis 162

7 - COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE CARBONO E OXIGÊNIO 163

7.1. Método de análise 164

7.2. Material analisado 166

7.3. Resultados encontrados 167

7.3.1. Valores numéricos 167

7.3.2. Significado paleoambiental 171

7.3.3. Composição isotópica de calcita e dolomita 173

7.3.4. Conclusões 174

8 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA 175

8.1. Métodos empregados 175

8.1.1. Análise de elementos maiores e menores 175

8.1.2. Análise de elementos traços 175

8.2. Material analisado e preparação prévia 178

8.3. Elementos maiores e menores 178

8.3.1. Porcentagem de perda ao fogo 178

8.3.2. Teor de Fe_2O_3 182

8.3.3. Teor de MnO 182

8.3.4. Teor de TiO_2 182

8.3.5. Teor de MgO 182

8.3.6. Teor de CaO 183

8.3.7. Teor de K_2O 183

8.3.8. Teor de SiO_2 183

8.3.9. Teor de Al_2O_3 184

8.4. Elementos traços 184

8.4.1. Chumbo 184

8.4.2. Zinco 185

8.4.3. Cobre 185

8.4.4. Níquel 185

8.4.5. Crômio 186

8.4.6. Zircônio 186

8.4.7. Bário 187

8.4.8. Estrôncio 187

8.4.9. Gálio 188

8.4.10. Rubídio 188

8.5. Discussão dos resultados 188

CAPÍTULO V 193

SILICIFICAÇÃO E CORES DOS SEDIMENTOS 193

1 - SILICIFICAÇÃO 193

1.1. Observações de campo 194

1.1.1. Silicificação de arenitos 194

1.1.2. Silicificação de calcários 195

1.2. Exame microscópico 196

1.3. Considerações gerais sobre a silicificação 200

2 - COR DOS SEDIMENTOS 203

2.1. Generalidades 203

2.2. Cores dos sedimentos da Formação Bauru 204

2.3. Considerações gerais 206

CAPÍTULO VI 208

CONSIDERAÇOES FINAIS 208

1 - GENERALIDADES 208

2 - AMBIENTE GEOGRÁFICO DE SEDIMENTAÇÃO 209

3 - AMBIENTE TECTÔNICO DE SEDIMENTAÇÃO 213

4 - AMBIENTE PALEOCLIMÁTICO DE SEDIMENTAÇÃO 214

5 - PROVÁVEL AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO DA FORMAÇÃO BAURU 217

6 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BAURU 221

BIBLIOGRAFIA 224

ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 1 - Relação de amostras de sedimentos da Formação Bauru com especificações de procedência, natureza litológica e os processamentos aos quais foram submetidas as amostras. 55-61

TABELA 2 - Resumo dos resultados de medidas de estratificações cruzadas. 112

TABELA 3 - Resumo dos resultados de medidas de petrofábrica de conglomerados. 113

TABELA 4 - Resultados de determinação de teor de carbonato de cálcio (% em peso) em amostras de rochas sedimentares clásticas associadas aos calcários da Formação Bauru. 118

TABELA 5 - Freqüências relativas semi-quantitativas, em porcentagem (número de grãos), de principais minerais pesados transparentes identificados na Formação Bauru. 125

TABELA 6 - Composição isotópica de δC^{13} E δO^{18} em $^{o}/oo$ de calcários da Formação Bauru e algumas amostras de outras procedências analisadas para comparação. 168-170

TABELA 7 - Condições de trabalho para dosagem de elementos maiores e menores em amostras de calcário da Formação Bauru pelo método de fluorescência de raios X. 176

TABELA 8 - Condições de trabalho para dosagem de elementos traços em amostras de calcário da Formação Bauru pelo método de fluorescência de raios X. 177

TABELA 9 - Dados de composição química de amostras de calcários da Formação Bauru conforme análises realizadas pelo processo de fluorescência de raios X.
Composição em elementos maiores e menores. 179

TABELA 9 - Dados de composição química de amostras de calcários da Formação Bauru conforme análises realizadas pelo processo de fluorescência de raios X.
Composição em elementos traços 180

TABELA 10 - Valores médios de teores em elementos maiores, menores e traços de 84 amostras de calcários da Formação Bauru conforme diferentes áreas de procedência. 181

RESUMO

A Formação Bauru constitui um dos registros geológicos do Cretáceo Continental Brasileiro mais amplamente documentados no país. Como tal, as rochas que a formam: conglomerados, arenitos argilosos e argilitos e mormente os calcários, exibem propriedades peculiares ao seu ambiente genético.

Este trabalho constou de estudos sedimentológicos convencionais (granulometria, morfometria, mineralogia, etc), que foram assessorados por processos analíticos modernos utilizando-se instrumental sofisticado (estudos de composições isotópicas, composição química em elementos maiores, menores e traços dos calcários, etc.). Esta pesquisa foi encetada baseada na hipótese de que a Formação Bauru reunisse condições excelentes como uma das chaves da história geológica do Mesozóico Superior do Brasil.

Tendo os objetivos acima foram coletadas 362 amostras de sedimentos em superfície, obtidas durante os trabalhos de levantamentos de campo e 12 amostras de subsuperfície, de testemunhos de sondagens gentilmente cedidos pela CCPPA (Companhia de Cimento Portland Ponte Alta). Nessas amostras foram desenvolvidos os estudos de laboratório. As observações de campo foram realizadas durante os levantamentos de 18 seções colunares, distribuídas pelos Estados de Minas Gerais (Triângulo Mineiro) e São Paulo. Foram também percorridos e amostrados sedimentos da Formação Bauru no sul de Goiás e sudeste de Mato Grosso. Os levantamentos de 4 seções geológicas, ao longo de rodovias, totalizaram 167 km no Triângulo Mineiro e 226 km no Estado de São Paulo.

Como resultado desses estudos foi concluído que a Formação Bauru foi sedimentada em água doce, em ambiente

fluvial principalmente em rios do tipo anastomosante e lagos associados, assistida por tectônica de falhamentos e ligada aos limites dos arcos estruturais de Ponta Grossa e Canastra, assoalhada por basaltos da Formação Serra Geral com paleodeclive geral dirigido para SW (SE). A existência de tectônica sinsedimentar aparentemente propiciou fases de deposição por movimentos em massa.

O clima que reinou durante a sedimentação desses depósitos pode ter sido semi-árido no início, mas logo passou a úmido, talvez de regime tropical.

A fonte principal dos calcários de sedimentação química, em lagos de águas muito alcalinas, foram os basaltos, cuja contribuição foi substancial no início quase sempre ligada a concomitante fornecimento de clásticos quartzosos de outras fontes, e diminuiu gradativamente com a evolução da "bacia de sedimentação Bauru", sem nunca ter cessado de contribuir até o seu final.

Fato muito significativo nos sedimentos dessa formação é também a presença de argilo-minerais do grupo da atapulgita, freqüentemente sob a forma de placas intercaladas em arenitos argilosos, tipo de ocorrência conhecido como "cartão da montanha" pelos geólogos portugueses. Este mineral deve ser predominantemente autígeno e a sua origem está ligada a lagos de águas muito alcalinas em condições fortemente hidrolizantes.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Os objetivos deste trabalho, a caracterização geográfica da área de pesquisa, bem como uma apreciação resumida dos estudos prévios sobre a geologia da Formação Bauru, do Cretáceo Superior da Bacia do Paraná, são apresentados neste capítulo.

1 - GENERALIDADES

O Cretáceo é um dos períodos geológicos mais amplamente documentados no Brasil, e também constitui o último registro de distribuição mais extensiva, já que as rochas cenozóicas, não obstante a grande área de sedimentos no vale do rio Amazonas, são bem mais restritas.

De todos os registros cretáceos deixados em território brasileiro, que abrangem os tipos de <u>região costeira</u> e o de <u>áreas interiores</u>, são estudados aqui apenas alguns dos aspectos da Formação Bauru, onde só ocorrem sedimentos de origem continental, em contraposição ao tipo de região costeira, onde a sedimentação marinha ou mista são mais conspícuas.

As rochas sedimentares pertencentes à Formação Bauru ocupam a maior parte do planalto ocidental do Estado de São Paulo e ocorrem também no extremo oeste de Minas Gerais (Triângulo Mineiro), sul de Goiás e sul e leste de Mato Grosso. Originalmente deveriam ter extensão contínua através desta vasta região. Atualmente acham-se dissecadas pelos afluentes maiores do rio Paraná: rios Paranapanema, Parnaíba, Grande, etc. Freqüentemente os vales atingem os basaltos da Formação Serra Geral, formação cretácea sotoposta, que consti

tuem via de regra o embasamento da Formação Bauru.

Litologicamente esta formação é caracterizada por arenitos argilosos, muito carbonáticos ou completamente isentos de carbonato de cálcio, localmente conglomerados, arenitos tufáceos e camadas de calcários arenosos e/ou conglomeráticos.

A Formação Bauru é bastante importante por capear ainda nos dias atuais, não obstante intensa erosão, praticamente toda a metade oeste do Estado de São Paulo, que é uma zona de intensas atividades agrícolas. Apesar de sua extensão e importância, quer do ponto de vista de sua história geológica, quer como excelente reservatório de água ou substrato de uma das mais férteis zonas agrícolas, são relativamente poucos os trabalhos que versam sobre a geologia da Formação Bauru. No Estado de São Paulo, a área cujo substrato é essencialmente constituído pela Formação Bauru, está passando de uma zona agrícola para uma importante zona fabril com a crescente tendência de interiorização das indústrias. Deste fato resulta que, apesar da dureza de suas águas em zonas de arenitos mais carbonatados, os sedimentos da Formação Bauru constituem-se em excelente aqüífero.

Acresce ainda o fato que na região do Triângulo Mineiro, principalmente na área de Uberaba, existem interessantes ocorrências de calcários e argilas aluminosas, tipo caolinita, e argilas bentoníticas (nontronita), algumas em exploração e outras paralizadas. O calcário que é explorado na área de Ponte Alta (Município de Uberaba) para fabricação de cimento, aparece com características similares mas em menor volume e com qualidades inferiores também na região de Agudos (Estado de São Paulo). Os calcários apresentam características sedimentológicas "sui generis" (muito arenoso, nodular e sem estratificação) constituem até hoje praticamente uma incógnita. As referências encontradas na literatura são esporádicas e muito superficiais.

2 - OBJETIVOS E ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho versa principalmente sobre os calcários da Formação Bauru, porém os sedimentos areno-argilosos e os rudáceos associados são estudados, sob os seus aspectos texturais e estruturais, no intuito de fornecer subsídios para uma interpretação geológica da gênese das rochas carbonatadas.

Ao se encetar este estudo de calcários e sedimentos associados, principalmente do ponto de vista sedimentológico convencional, assessorado por processos analíticos modernos utilizando-se instrumental sofisticado, imaginou-se que a Formação Bauru reunisse boas condições como uma das chaves da geologia do Mesozóico Superior, estando habilitada a fornecer dados decisivos sobre clima, paleogeografia, condições ambientais de fonte e sítio de deposição e tectônica. Além disso, teve-se também como hipótese inicial de trabalho, que os calcários desta formação, em especial, além de sua comprovada importância econômica na área de Uberaba, constituiriam uma fonte bastante importante de parâmetros sedimentológicos e geoquímicos relacionados aos calcários de origem continental, ainda tão escassamente conhecidos na literatura.

Além disso, tendo-se como base uma hipótese de que os calcários da Formação Bauru seriam sedimentos do tipo de caliche, depósito reconhecidamente continental formado em ambiente árido ou semi-árido, idéia esta defendida por AB'SABER (1971, informação verbal), o autor teve a oportunidade de aqui comparar algumas características petrográficas e químicas dos depósitos de caliche do fim do Terciário, provenientes da África com as dos calcários da Formação Bauru.

3 - AGRADECIMENTOS

O autor deseja deixar, aqui consignados,os seus mais

sinceros agradecimentos as seguintes entidades e pessoas:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo imprescindível suporte financeiro para os trabalhos de campo.

Companhia de Cimento Portland Ponte Alta (CCPPA) pelo fornecimento de dados geológicos e de alguns resultados de análises químicas e amostras de sondagens.

Doutor Marcos Berenholc pelas análises químicas de amostras de calcários pelo processo de fluorescência de raios X.

Doutor Eneas Salati e Doutor Eichi Matsui do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA - Piracicaba, SP) pelas determinações isotópicas de oxigênio e carbono de amostras de calcários.

Geólogo Joaquim Raul Torquato do Instituto de Investigação Científica de Angola (África), que se encontra atualmente no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que gentilmente cedeu ao autor informações e amostras de caliches do Deserto de Moçâmedes (África).

Professor Doutor Vicente José Fulfaro do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pelas valiosas sugestões e informações.

Professor Gildo Fernando Fuck do Departamento de Geologia Geral do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e Senhora Eloide Maria Fuck pelas análises térmicas diferenciais de amostras argilosas.

Geólogo Adilson Carvalho e Engenheiro Agrônomo Ondino C. Bataglia, ambos do Instituto Agronômico de Campinas (SP) e Doutor Raphael Hypólito, do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelas determinações de lítio e boro nos calcá

rios.

Engenheiro de Minas José Epitácio Guimarães pelas informações e estabelecimento das primeiras relações com a CCPPA em Ponte Alta (MG).

Naturalista José Humberto Barcelos, pós-graduando do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Senhores Lucio Rampazzo e Lincoln Rumenos Guardado, estudantes de Geologia do mesmo Instituto e geólogo Antonio José Catto, atualmente geólogo da Petrobrás S.A., que muito ajudaram o autor nos trabalhos de campo e nas análises sedimentológicas das amostras coletadas.

Senhor José Zaniratto, residente em Agudos (SP), e Senhor Langerton Neves da Cunha, funcionário residente em Peirópolis (MG) do Departamento Nacional da Produção Mineral pelas informações e auxílio prestados durante os trabalhos de campo.

Doutora Elena Franzinelli, Professora Mary Elizabeth C.B. de Oliveira e Professor Armando M. Coimbra que acompanharam e auxiliaram o autor nos trabalhos de campo.

Senhor Augusto Evaldo Meyer Júnior, estudante de geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro (SP), pelo auxílio prestado no estudo de petrofábrica de conglomerados.

Senhor Ricardino Pereira da Silva, funcionário do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pela confecção de seções polidas e delgadas de calcários.

Senhor Paulo E. Mori, operador de raios X do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelo auxílio prestado nas análises de amostras argilosas por difração de raios X.

Senhor Paulo Doki pelas determinações de porcentagem de perda ao fogo das amostras de calcários.

Senhora Nair de Campos Louzada e Senhor José Ponchirolli pelo cuidadoso trabalho de datilografia.

Senhor Jaime Alves da Silva pelo primoroso serviço de reprodução gráfica do trabalho.

4 - TRABALHOS PRÉVIOS

A formação foi introduzida na literatura por GONZAGA DE CAMPOS (1905) sob o nome de "Grês Bauru", tomado da cidade de Bauru no Estado de São Paulo, quando então a sua natureza fossilífera era ignorada.

É devido a VON IHERING (1911) o primeiro relato sobre a ocorrência de répteis e moluscos fósseis, procedentes de São José do Rio Preto (SP). O seu conteúdo fossilífero, principalmente em quelônios e répteis, foi descrito por PACHECO (1913), OLIVEIRA ROXO (1936 e 1937) e STAECHE (1944), e mais recentemente por ARID e outros (1962) e ARID e VIZOTTO (1963, 1965 e 1966).

Contribuições mais importantes sobre a paleontologia de vertebrados da Formação Bauru devem ser atribuídas a PRICE (1945, 1950a, 1950b, 1953 e 1955), que ao lado de amplas revisões sobre crocodilianos e quelônios da formação, acrescentou inúmeros gêneros e novas espécies destes grupos e, inclusive, de dinossauros.

Além dos esqueletos de crocodilianos e quelônios e moluscos (lamelibrânquios e gastrópodos) de água doce, são encontradas também escamas de peixes e restos de algas. Estas foram descritas por PETRI (1955) e atribuídas a uma espécie de alga do grupo das carófitas. Trabalho mais recente e completo sobre os moluscos fósseis dessa formação é de autoria de MEZZALIRA (1959 e 1972). No seu trabalho de 1972, MEZZALIRA apresenta dados sobre a litoestratigrafia de subsuperfície da Formação Bauru, no Estado de São Paulo, baseado em dados de perfurações para água subterrânea executadas pelo

Instituto Geográfico e Geológico (IGG). Apresenta também descrições de associações de moluscos, bem como de crustáceos até aqui desconhecidos.

LISBOA (1909) e, bem mais tarde, WANDERLEY (1934) em trabalhos executados durante a abertura e extensão da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, na região oeste do Estado de São Paulo, referem-se a sedimentos da Formação Bauru em várias passagens de seus estudos.

Os trabalhos geológicos mais completos sobre a formação são de autoria de FREITAS (1955) e ARID (1967). O primeiro autor realizou um estudo sedimentológico abrangendo amplamente a área de ocorrência da unidade no Estado de São Paulo, acompanhado de uma interpretação genética baseada nas relações entre sedimentação e tectônica. O segundo trabalho versa sobre a sedimentologia e paleontologia desses sedimentos na região norte-ocidental do Estado de São Paulo.

ARID e colaboradores têm prosseguido com os estudos na região de São José do Rio Preto, principalmente, explorando os mais variados aspectos desses depósitos sedimentares (1971, 1972 e 1973).

5 - TRAÇOS FISIOGRÁFICOS, CLIMA E VEGETAÇÃO

5.1 - Geomorfologia

Geomorfologicamente a feição comum as três áreas abrangidas (parte ocidental de São Paulo, Triângulo Mineiro e Mato Grosso - Goiás), durante os trabalhos de levantamento de campo e de coleta de amostras, é a forma tabular característica dos morros da Formação Bauru (Fotos 1 e 2). Esta define mais provavelmente a superfície de aplainamento generalizado pós-deposicional, como querem BARBOSA (1955), KING (1956), ALMEIDA (1956) e outros. O primeiro autor chamou-a de "Canastra", o segundo de "Pós-Gonduana" e o terceiro de "Pratinha". Outra hipótese, mas remota no caso, poderia ser

uma superfície aplainada do término dos processos deposicionais na bacia do Alto Paraná, e a inclinação corresponderia tão somente ao mergulho original ou primário das camadas sedimentares. Neste caso a superfície de aplainamento contínuo não deveria ter prosseguimento pela área de rochas cristalinas. O fato de se admitir a primeira hipótese, isto é, do aplainamento pós-deposicional em fins do Terciário Superior (Mioceno-Plioceno) como admite BRAUN (1970; in BARBOSA e outros, 1970), não elimina a possibilidade de que a inclinação do plano na área da Formação Bauru possa estar coincidente com o mergulho original, porque a erosão de aplainamento é facilitada segundo esta orientação.

Ao considerar-se que em Uberaba (MG) a superfície atinge em torno de 1 000 m e no planalto de Marília (SP) 600 m, ambas distantes de cerca de 350 km em linha reta, pode-se admitir que ambas façam parte da mesma superfície. Com efeito, esta diferença de altitude de 400 m fornece uma inclinação de 1 a 1,5 m/km, da primeira para a segunda cidade. O valor encontrado é só ligeiramente inferior a aquele achado para o Triângulo Mineiro, ou seja, de 3 m/km no sentido sudoeste.

Não obstante o fato acima, é preferível descrever separadamente as três áreas que, hoje em dia, após erosão intensiva do relevo anteriormente aplainado, apresentam identidades geomorfológicas mais ou menos distintas.

5.1.1 - Estado de São Paulo

A Formação Bauru no Estado de São Paulo abrange quase integralmente a unidade geomorfológica V de ALMEIDA (1964: 254), unidade esta estabelecida pelo autor ao discutir os fundamentos geológicos do relevo paulista.

Embora compreendendo uma área da ordem de 100 000km^2, este planalto tem sido pouco estudado, não somente sob aspec

tos geológicos, mas também quanto a sua geomorfologia. Segundo AB'SABER (1969: 1-7) os chapadões ocidentais rebaixados do Estado de São Paulo constituem uma área de relevo que, por sua homogeneidade e extensão, tem sido menos estudada, até hoje, do ponto de vista geomorfológico.

Compreendendo as regiões que se estendem a noroeste das "cuestas" basálticas, e suas maiores altitudes alcançam cerca de 740 m. Característica fundamental do planalto ocidental do Estado de São Paulo é uma sucessão de campos ondulados, de relevo extremamente suavizado, de cimos ondulados, configurando baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios que buscam as águas do Paraná, e separando os seus afluentes.

Este relevo pode ser localmente mais movimentado, quando a erosão disseca o terreno dando origem a frentes de paredões de arenitos quase verticais, que margeiam platôs de topo excessivamente plano, tal como acontece na região entre Marília e Pompéia. Por vezes esta topografia é tão dissecada e subseqüentemente aplainada que restam somente raros morros testemunhos de topos chatos isolados no meio de campos ondulados.

A região de Marília e Garça constitui um dos setores residuais das camadas cretáceas, as quais certamente tiveram maior extensão e espessura no conjunto dos planaltos interiores do território paulista. É um resto da porção superior da cobertura que outrora se estendia continuamente por grandes áreas, alcançando o Triângulo Mineiro, sudeste de Mato Grosso e sul de Goiás.

De acordo com ALMEIDA (1964: 256) é evidente caber papel primordial na sustenção dessa topografia tabular, a resistência oferecida pelas camadas de arenito carbonático.

O planalto de Marília destaca-se das regiões circundantes pelo fato de conservar sempre altitudes que variam en

tre 600 a 670 m, ao passo que as regiões que o ladeiam e em todas as outras áreas as altitudes são de apenas 500 a 550 m. Esta porção que se destaca na topografia regional recebia designações como Serra de Bauru, Serra dos Agudos, Serra do Mirante, etc.; nomes que ainda constam nas cartas topográficas da região.

No divisor de águas dos rios Tietê e Mogi Guaçu ocorre também um relevo tabular, que no seu trecho oriental, por onde se desenvolve o espigão principal de águas, é a denominada Serra de Jaboticabal, onde ocorre provavelmente, a maior altitude do planalto ocidental, ou seja 740 m, a noroeste da cidade de Monte Alto (ALMEIDA, 1964: 257).

Em alguns dos maiores vales da província geomorfológica a desnudação atingiu o substrato basáltico da Formação Bauru, que aflora então em estreitas faixas nos fundos dos vales.

Ocupando área apreciável nas circunvizinhanças da confluência dos rios Paraná e Paranapanema, e subindo pelos vales de ambos, dispõe-se a Formação Caiuá, de idade e correlação duvidosas. Seu comportamento topográfico é similar ao dos arenitos da Formação Bauru.

5.1.2 - Triângulo Mineiro

Na área do Triângulo Mineiro as rochas da Formação Bauru integram uma superfície plana, de cerca de 1 000 m de altitude, com uma inclinação de cerca de 3 m/km no sentido sudoeste. Uma inclinação maior da superfície nesta parte em relação ao trecho Uberaba-Marília, anteriormente considerada, pode estar ligada tanto à situação marginal do Triângulo Mineiro em relação à área de Marília, como à compactação diferencial dos seus sedimentos. Sendo centrípeto para o interior da bacia, nada mais lógico que no Triângulo Mineiro a inclinação das camadas seja maior. Outro fato que pode es

tar influindo é a própria litologia,mais grosseira e mais carbonática na área de Uberaba, em relação aos sedimentos mais finos e menos carbonáticos no planalto ocidental paulista.

Segundo BRAUN (1970; in BARBOSA e outros, 1970) essa superfície seria resultante do aplainamento sul-americano que terminou no fim do Terciário. Ela se acha atualmente dissecada e nos vales dos rios principais da região chega-se a atingir o embasamento basáltico. Porém nas circunvizinhanças de Uberaba, ao descer-se o chapadão do Bauru, atinge-se freqüentemente uma área de relevo mais suave formada pelas rochas piroclásticas tufáceas da Formação Uberaba. A descida do platô representa uma frente de escarpa de alinhamento sinuoso, resultante da dissecação pela desnudação, cujo progresso é nitidamente freado pelos calcários e conglomerados da Fácies Ponte Alta. Aqui, muito mais do que no Estado de São Paulo, é nítido o papel representado pelos níveis carbonáticos no modelado do relevo regional. Na área, mesmo a observador pouco avisado, ressalta a escarpa associada à ocorrência de calcários arenosos e arenitos carbonáticos, localmente conglomeráticos. Esta escarpa, mais ou menos contínua, recebe denominações locais, tais como, Serra do Veadinho, onde a BR-262 (rodovia Uberaba-Araxá) a atravessa, ou Serra da Galga, onde a BR-050 (rodovia Uberaba-Uberlândia) a corta.

Na área do Triângulo Mineiro o planalto constituído pela Formação Bauru, depois que se galga a escarpa, deixando atrás a Formação Uberaba, de topografia de ondulações suaves, é de uma planura impressionante. Aqui não aparece qualquer interrupção desta monotonia, até se atingir a borda da bacia do Alto Paraná, por exemplo, indo-se de Uberaba rumo Araxá, em contato com rochas metamórficas na rodovia federal BR-262.

Essa paisagem calma, com sua característica vegetação raquítica, é só localmente quebrada pela existência de vales amplos e rasos (alguns quilômetros de extensão), muitas vezes fechados formando verdadeiras depressões, de drenagem difícil,

onde não raramente se acumulam entulhos sedimentares de materiais retrabalhados da Formação Bauru. Parece que ocorreu uma fase de sedimentação terciária ou quaternária, de caráter bastante restrito e esparso. Estas feições são vulgarmente conhecidas na região pelo nome de "covais" (Foto 3).

Próximo a vales de rios ocorrem também alguns metros de espessura de cascalheiras que mergulham para o vale, com seixos de quartzo e quartzito de 2 a 3 cm até mais de 10 cm, intercalados por camadas arenosas e argilosas. Seqüência similar aflora em bossorocas na margem do rio Claro, na estrada velha Uberlândia-Araxá.

Estas cascalheiras, sempre nas proximidades de cursos de água importantes da região, como acontece também na margem do rio das Velhas na BR-262, sugerem que houve uma fase de sedimentação pós-Bauru com os rios seguindo aproximadamente o traçado atual, mas com maior competência do que atualmente.

Próximas à porção superior da Formação Bauru são verificadas freqüentes formações de bossorocas, que dissecam o relevo, tendo a frear o citado processo, as camadas calcárias, situadas na seção basal, ou silicificações locais do próprio arenito, que são mais comuns na porção superior da unidade geológica. Embora seja de conhecimento do autor, que a ocorrência de bossorocas no Estado de São Paulo tenha ligação muito íntima com a ocorrência de sedimentos neocenozóicos, este não é o caso em questão, pois a 51,5 km de Uberaba na BR-050 (rumo Uberlândia) foi levantada a seção colunar SC-7 apresentando uma seqüência litológica típica da Formação Bauru, em uma bossoroca, inclusive com camada de calcário na base (Foto 4).

5.1.3 - Sul de Goiás e sudeste de Mato Grosso

Nestas regiões, principalmente ao sul de Goiás, a

área atual de ocorrência da Formação Bauru é restrita, e aparece somente em forma de morros isolados de topo muito plano. Estes morros ascendem 50 a 100 m em relação ao terreno circundante, quase sempre constituído de embasamento basáltico pertencente à Formação Serra Geral. Destarte, a Formação Bauru constitui nada mais que testemunhos isolados de uma sedimentação outrora mais espessa e contínua,hoje erodida em sua maior parte.

No Estado de Mato Grosso são grandes as áreas de influência de sedimentação ou de produtos de retrabalhamento da Formação Bauru, onde nada se observa a não ser o solo arenoso e a vegetação de cerrado. Mas, das cercânias de Paranaíba pelo menos até os arredores de Cassilândia, distantes entre si de 92 km pela rodovia para Cuiabá, aparecem escarpas contínuas do lado esquerdo da estrada. Em torno de Cassilândia, rumo a Inocência ou no sentido de Aporé e Jataí (GO), são comuns escarpas de arenito carbonático de paredes abruptas, típicas da formação. Cerca de 16 km ao norte de Cassilândia, rumo Aporé (GO), na fazenda do Sr. José Pedro de Oliveira, chegou-se a fabricar cal com material resultante da lavagem e conseqüente concentração formando crostas de carbonato de cálcio em paredões de arenitos.

Em quase todos os morros testemunhos da Formação Bauru, remanescentes em Goiás e Mato Grosso,oberva-se também a influência primordial de arenitos carbonáticos, e eventualmente de canga limonítica, que sustentam os topos dos morros e lhes atribuem superfícies planas e resistentes à erosão.

5.2 - *Clima*

A região em estudo apresenta segundo ANDRADE (1964: 445) um clima tropical constituído pelo conjunto dos tipos Aw e Cwa de KÖPPEN, que têm de comum as chuvas de verão e uma temperatura do mês mais quente superior a 22° C, em média.

O regime tropical é caracterizado pela alternância de duas estações, uma chuvosa, outra seca, a primeira coincidindo com o verão e a segunda com o inverno. Até mais de 80% das chuvas caem entre os meses de outubro a março, intercalados por dois a três meses praticamente sem nenhuma precipitação. Isso acontece tipicamente no tipo Aw, e mesmo no tipo Cwa, onde a temperatura é mais suavizada pela influência da altitude, a característica tropical se faz sentir através da concentração das chuvas naquele período (BERNARDES, 1959).

No verão são freqüentes os aguaceiros violentos, o que faz com que os totais anuais sejam sempre elevados, em média superiores a 1 500 mm. Examinando-se as isoietas do Atlas Pluviométrico do Brasil no período de 1914 a 1938, verifica-se que a área do Triângulo Mineiro situa-se em região com 1 500 a 2 000 mm anuais, enquanto que as áreas de Mato Grosso e Goiás (sul) e noroeste do Estado de São Paulo localizam-se em regiões com 1 000 a 1 500 mm anuais de chuva.

O tipo Aw, clima tropical quente e úmido com chuvas de verão, ocupa a maior parte da região estudada, sendo seguido pelo tipo Cwa, clima tropical de altitude com verões quentes e chuvas de verão. A área de Uberaba, do tipo Cwa, acha-se na região marginal de área de clima Cwb, em que a temperatura é mais suavizada pela altitude do que no tipo Cwa.

A temperatura média anual de área com clima do tipo Aw é bastante alta, embora menos do que na região equatorial. Sua oscilação anual já é maior, mas não chega a alcançar 5°, não se podendo falar, portanto em inverno e verão no sentido térmico da palavra. Em julho, quando é mais rigorosa a estiagem, pode haver quedas bruscas de temperatura. O mês mais quente, na maior parte da área, é outubro, quando a insolação se faz sentir mais intensamente. Por outro lado, no tipo Cwa são registradas temperaturas inferiores a 18° C no mês mais frio. Também a oscilação anual da temperatura é

pouco pronunciada (em torno de 5° C), o que é um dos traços peculiares dos climas tropicais.

5.3 - Vegetação

Quanto à vegetação as diferenças entre as regiões do Triângulo Mineiro, sul dos Estados de Goiás e Mato Grosso, de um lado, onde predominam formações complexas de cerrados, e região noroeste do Estado de São Paulo, de outro, onde predominou a floresta tropical latifoliada, são marcantes. No Estado de São Paulo restam apenas resquícios da floresta primitiva, em virtude do desmatamento que ocorreu com a ocupação humana, em grande área substituída, hoje em dia, por atividades agro-pastoris.

A floresta tropical é do tipo que reflete justamente o caráter continental das condições climáticas; um período chuvoso (verão) e um período seco (inverno). A existência de um período desfavorável dá a esta floresta um caráter particular: sua periodicidade vegetativa, evidenciada pela queda das folhas, que afeta grande número de suas espécies. Entre estas destacam-se as da família das Leguminosas. São florestas mais arejadas do que as florestas tropicais de caráter higrófilo, existentes na Serra do Mar (AZEVEDO, 1959).

No Triângulo Mineiro e sul dos Estados de Goiás e Mato Grosso a floresta tropical latifoliada aparece somente nos vales fluviais da bacia hidrográfica do Paraná. Nas demais áreas predominam os cerrados. Sua fisionomia é intermediária entre a floresta e o campo, distinguindo-se dois tipos de vegetação: um arbóreo, formado por árvores de pequena altura (3 a 6 m), separadas por distâncias entre si que variam, em geral, de 3 a 4 m; outro herbáceo que, quase sempre, não ultrapassa 0,50 m de altura, onde as gramíneas e hervas de pequeno porte se apresentam em tufos isolados.

Uma peculiaridade do solo em áreas com predomínio deste tipo de vegetação, principalmente nas regiões sedimenta

res, é a grande permeabilidade e o lençol freático profundo. A essas contingências as espécies, que entram na sua composição, se adaptam desenvolvendo o sistema de raízes de modo a buscar a água necessária a profundidades freqüentemente superiores a 12 m.

6 - ÁREA GEOGRÁFICA E ESPESSURA DA FORMAÇÃO BAURU

6.1 - Área geográfica

Segundo FREITAS (1955: 162) a Formação Bauru em São Paulo ocupa quase todo o noroeste do Estado, além do fronte das escarpas basálticas, e cobre uma área de cerca de 100 000 km^2.

De acordo com o Mapa Geológico do Brasil do DNPM (Edição de 1960 na escala 1:5.000.000) a Formação Bauru ocupa área de cerca de 180 000 km^2 e a Formação Caiuá, na ocasião considerada de idade jurássica, abrange uma superfície aproximada de 170 000 km^2.

No Mapa Geológico do Brasil, recentemente editado (1971) pelo DNPM, o quadro geral relativo à área de distribuição das duas formações foi bastante modificado. Assim, a Formação Bauru do Cretáceo Superior ocuparia uma área de cerca de 350 000 km^2, abrangendo os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, e a Formação Caiuá,atribuída ao Cretáceo Inferior e somada à área da Formação Botucatu,abrangeria uma superfície total superior a 100 000 km^2 (Figura 2).

Embora o estudo da Formação Caiuá, de idade, posição estratigráfica e gênese ainda controvertidas, não constitua assunto deste trabalho, em virtude da área atribuída a esta unidade afetar a amplitude superficial da Formação Bauru,ela teve que ser referida. Estudos bastante recentes de LANDIM e FULFARO (1971: 277-280) parecem apresentar uma teoria bem plausível para a gênese desses depósitos sedimentares denominados de Formação Caiuá.

6.2 - Espessura

FREITAS (1955: 136-143), após examinar vários perfis de sondagens que atingiram a lapa basáltica, e realizar levantamentos de seções geológicas, concluiu que a Formação Bauru no Estado de São Paulo não apresenta espessuras superiores a 200 m. Apenas em um poço de Marília (SP- represa norte nº 5), situado na baixada ao sopé da serra, foi verificada uma espessura de 101 m, e como neste caso a cota da boca do poço está a 450 m e o topo da serra a 600 m; somando-se a diferença de 150 m, do desnível da serra, com 101 m, obtém-se 251 m de espessura total. Este caso constituiria uma exceção indicando espessura anormalmente alta.

ARID (1967: 33-37) compilou dados obtidos de várias sondagens realizadas pelo IGG, na área de São José do Rio Preto em 1965, e concluiu que a maior espessura verificada foi de 170 m na cidade de Cedral, sem ter atingido o embasamento basáltico.

Se a superfície por ocasião do encerramento dos processos deposicionais da Formação Bauru, era aproximadamente plana, a morfologia do substrato já não exibia tal uniformidade. Este fato foi revelado por FREITAS (1955) utilizando dados de sondagens e por ARID (1967: 36-37) com dados de sondagens concentradas nas vizinhanças de São José do Rio Preto.

Segundo LEINZ (1949: 46) a própria origem da bacia sedimentar do Alto Paraná, na qual ocorreu a deposição da Formação Bauru, estaria ligada a movimentos tectônicos relacionados ao aumento de peso por derrames basálticos. Deste modo, onde se encontra maior espessura de derrames basálticos corresponderia também à zona de maior abaixamento, portanto de maior espessura da Formação Bauru. Situação análoga à tendência generalizada de abaixamento para a bacia toda foi encontrada localmente por ARID (1967: 36) na área em cujo centro se situa a cidade de São José do Rio Preto. Aqui, a formação atinge 139 m de espessura, enquanto que nas partes

periféricas as cotas do embasamento basáltico se encontram em posições mais altas.

Em 1971, AMARAL e ARID efetuaram tratamento pela análise de tendência de superfície os dados de espessuras e de vazão de água de 49 poços perfurados a noroeste do Estado de São Paulo. Tendo-se em conta que as espessuras da Formação Bauru, consideradas nesta análise, são todas de áreas próximas ao centro da bacia, os resultados devem ser suficientemente válidos. A superfície em questão mostrou um aumento de espessura para o sul, com valores da ordem de 300 m junto à divisa com o Estado do Paraná. Este fato vem corroborar a hipótese de LEINZ (op. cit.), da associação de maior espessura de basaltos com a maior subsidência da bacia, e portanto, com maior espessura de sedimentos da Formação Bauru. Além disso, estes autores admitem que a Formação Bauru não deve ter transgredido para além dos limites do Estado de São Paulo e sugerem que os sedimentos a ela correlacionados em Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso podem ter sido depositados em outras bacias. Os fatos que levaram os citados pesquisadores a sugerirem tal hipótese foram uma diminuição de espessura, chegando a valores nulos a norte, noroeste e nordeste, nas calhas dos principais rios da região, mas pode-se considerar também que tal fato esteja ligado à erosão que deve ter removido espessura substancial ou mesmo total da formação, dependendo da área em questão.

Pode-se admitir também que a Fácies Ponte Alta e Fácies Itaqueri, talvez correlacionáveis entre si, tenham sido depositadas em várias pequenas bacias fechadas, das quais a maior seria a "bacia de Ponte Alta", o que poderia explicar, de certo modo, a falta de continuidade física dessas fácies.

A época pós-deposicional das duas fácies, supra citadas, pode ter correspondido a uma fase de relativa quietude tectônica, com o relevo bastante aplainado, que seguiu ao assoreamento das maiores irregularidades topográficas por mate

riais grosseiros. Nesta época deve ter-se iniciado uma sedimentação transgressiva da Fácies Bauru, que uniu todas as áreas, antes separadas, dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, invadindo inclusive algumas áreas do embasamento cristalino pré-cambriano.

Outro fato observado por AMARAL e ARID (op. cit.) é a existência de uma feição estrutural constituída de uma faixa de espessuras maiores, cerca de 200 km a leste e paralela ao rio Paraná. Eles ligaram tal feição a uma possível fossa, que com outras evidências vem corroborar a idéia de controle tectônico da bacia de deposição da Formação Bauru.

Uma feição que vinha chamando a atenção do autor deste trabalho, já há algum tempo, é a zona de relevo mais movimentado entre Garça e Marília (SP), que fazia supor alguma ligação com a tectônica regional. O trabalho dos pesquisadores supra citados veio demonstrar que tal suposição tinha fundamento, já que esta área se situa aproximadamente dentro daquela faixa de anomalia.

Pode ser constatado, durante os trabalhos de campo, em Agudos (SP), que dois poços para água, localizados na entrada da cidade, distantes entre si de cerca de 300 m, apresentaram em um deles, apenas 68 m, atingindo-se o basalto, e em outro 151 m sem atingir o substrato basáltico, de sedimentos da Formação Bauru. Levando-se em conta que as cotas das bocas dos dois furos estão a 565 e 568 m de altitude, respectivamente, e que se acham separados por um pequeno vale, parece haver aqui também evidências suficientes de uma falha entre as locações dos poços perfurados, embora a existência ou não de fácies grosseiras não pudesse ser confirmada.

Na área de Ponte Alta (Município de Uberaba, MG) a espessura total da Formação Bauru está em torno de 100 m, e até atingir o substrato basáltico tem-se 60 m de sedimentos da Formação Uberaba. Esta espessura foi obtida por diferen

ça de nível entre o topo do chapadão por onde passa a BR-262 e o topo do basalto no vale do ribeirão de Ponte Alta. Segundo HASUI (1969: 51) a espessura máxima da Formação Bauru na Serra de Ponte Alta seria da ordem de 220 m, obtendo-se valores menores para oeste.

Infelizmente não se pode dispor de nenhum resultado de sondagem na área de Ponte Alta, no que diz respeito à espessura total da Formação Bauru, mas as variações dessas espessuras em escala regional, não somente no Triângulo Mineiro, mas também no Estado de São Paulo, podem ser visualizadas nas seções geológicas levantadas (Figuras 3 a 6).

Na parte sul de Goiás a Formação Bauru resta como morros testemunhos bastante arrasados, cujos topos são resguardados da erosão por apenas níveis mais carbonatados ou ferruginizados, e atingem alturas que variam de 30 a 40 m até 120 m em relação aos terrenos vizinhos, alturas estas que correspondem às espessuras residuais da Formação Bauru, já que no sopé dos morros, em geral, aflora o substrato basáltico. Um furo de sondagem efetuado pela Petrobrás em Jataí (poço 2-Ja-1-GO) também atravessou sedimentos atribuíveis à Formação Bauru.

Em Mato Grosso as espessuras podem ser vistas também por resultados de sondagens da Petrobrás em Três Lagoas (poço TL-1-MT), cuja cota da boca é de 310 m, teria perfurado 60 m de Formação Bauru e 54 m de Formação Caiuá, sotoposto.

Considerando-se a origem fluvial e flúvio-lacustre da Formação Bauru, a espessura atual medida após longo trabalho erosivo do Cenozóico, é consideravelmente grande. Tal fato é sugestivo para se admitir maiores espessuras originais para este pacote sedimentar, já que a sua extensão lateral também deve ter sido bem maior, estendendo-se continuamente pelos extremos da área atual de ocorrência, e, inclusive transgredindo sobre as rochas cristalinas pré-cambrianas.

7 - ESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO BAURU

A Formação Bauru é constituída de sedimentos do Cretáceo Superior, acumulados a montante de Sete Quedas do Guaíra, na grande área deprimida da região norte da bacia sedimentar do Paraná, associados às últimas manifestações tectônicas, de caráter mais ou menos amplo, desta bacia.

Desde que GONZAGA DE CAMPOS (op. cit.) definiu, pela primeira vez, o "Grês Bauru" em 1905, o significado estratigráfico desta unidade geológica tem passado por uma série de transformações acompanhando a evolução natural dos conhecimentos.

Segundo FREITAS (1964: 126), à designação de GONZAGA DE CAMPOS (op. cit.) sucedeu logo a de "Arenito Bauru", e sua importância cresceu nos anos subseqüentes graças aos achados fósseis.

ALMEIDA e BARBOSA (1953) dividiram a Formação Bauru no Estado de São Paulo em duas unidades, denominando a inferior de Itaqueri e a superior de Marília. De acordo com a descrição litológica dada a estas unidades pelos autores supra mencionados, parece que a cimentação carbonática dos arenitos seria característica fundamental da unidade superior que a distingue da inferior, não carbonática.

FREITAS (1955) usou o nome "Série Bauru" como sinônimo de Formação Bauru. A designação "Série Bauru" em substituição ao "Arenito Bauru" de PACHECO (1913) deve-se a MORAES REGO (1935). Na ocasião FREITAS admitiu para a unidade uma subdivisão estratigráfica em dois membros, quais sejam, Membro Itaqueri e Membro Bauru.

O Membro Itaqueri, basal, seria constituído por conglomerados fluviais, com expressão geográfica em área, bem caracterizado e separado freqüentemente do membro superior por discordância erosiva.

O Membro Bauru, superior, seria caracterizado por arenito com estruturas gradativas freqüentes passando, localmente no sentido lateral ou vertical, para litofácies argiloso ou conglomerático.

Admite o autor que a litofácies calcária é rara, no Estado de São Paulo, fazendo-se presente de maneira marcante no Triângulo Mineiro.

Conforme o "Código de Nomenclatura Estratigráfica", da Comissão Americana de Nomenclatura Estratigráfica (tradução de J.C.MENDES, 1963) o termo "Série" não pode ser aplicado às unidades litoestratigráficas. Exatamente tal uso foi feito por FREITAS (op. cit.), de modo incorreto, ao definir a "Série Bauru", segundo o autor, constituída por dois membros. Sendo o nome "membro" designação de unidades litoestratigráficas, e subdivisão de "formação", dois membros deveriam definir uma "formação" e não uma "série", porque esta última designação corresponde a uma unidade cronoestratigráfica.

FREITAS (1964: 127) passou a designar Grupo Bauru à união das Formações Itaqueri e Bauru sugerindo, ao mesmo tempo, o abandono da designação Formação Itaqueri, porque só a Formação Bauru, constituída de arenitos, siltitos e argilitos e conglomerados locais, tem expressão geográfica em área.

ARID (1967) parece ter simplesmente aceito a idéia da designação Formação Bauru, sem mais considerações a respeito. Talvez, esta atitude, mais ou menos simplista, seja válida, em se tratando de estudo desta unidade no Estado de São Paulo. Mais tarde, em 1973, o mesmo autor faz considerações sobre a estratigrafia desta unidade concluindo que não há razões para se admitir a presença de duas formações, assim o Bauru indiviso, deve ser atribuído a uma formação.

Neste trabalho, pelo fato de abranger área bem maior, aparecem outros problemas estratigráficos em virtude da presença dos calcários de Ponte Alta e dos sedimentos piroclásti

cos de Uberaba, ambos relacionados, de algum modo, ao Bauru "sensu stritu" e superpostos aos basaltos da Formação Serra Geral.

No Triângulo Mineiro foi HUSSAK (1906) o primeiro a reconhecer os sedimentos superpostos à Uberaba, mas designou-os simplesmente de pós-Uberaba, e somente em 1933 é que MILWARD reconheceu formalmente a extensão da Formação Bauru naquela região.

BARBOSA e outros (1970: 36) admitem, na área norte de Uberaba, a Formação Bauru constituída pelas fácies: Uberaba, Ponte Alta e Bauru, na seqüência de baixo para cima.

A Fácies Uberaba seria constituída essencialmente de sedimentos tufáceos associados a níveis conglomeráticos. O seu limite superior pode ser situado pouco abaixo do calcário conglomerático, apresentando espessura média de 80 m. A Fácies Uberaba se distribuiria em duas áreas distintas; na região de Uberaba e na região de Serra da Mata da Corda, e com algumas manchas isoladas entre as duas áreas. Foi estudada em detalhe por HUSSAK (1906) e HASUI (1968). HASUI admitiu a existência de uma disconformidade (discordância paralela) entre a Formação Bauru e a Formação Uberaba, sotoposta. Este fato está associado ao caráter mais amplamente transgressivo da Formação Bauru e a presença de um conglomerado basal no contato com a Uberaba. Em virtude desta discordância o mesmo autor sugeriu adotar o nome Formação Uberaba e não Fácies Uberaba.

O conjunto de arenitos muito carbonáticos e calcários conglomeráticos, situados acima das rochas piroclásticas constitui a Fácies Ponte Alta. GROSSI SAD e outros (1971: 11), em um trabalho de revisão de formações cretáceas em Minas Gerais, abandonam a Fácies Ponte Alta de BARBOSA e outros (op. cit.), usando em seu lugar o nome Fácies Itaqueri. HASUI e SADOWSKI (1972: 138) argumentam que o Membro Itaqueri e Fácies Ponte Alta são dois nomes para unidades perfeitamente correlacionã

veis e, por questão de prioridade, sugerem também que seja utilizada a designação Itaqueri. Este nome foi estabelecido por BARBOSA e outros (op. cit.) devido a sua melhor exposição no local da pedreira principal (nº 2) da CCPPA. Segundo os autores o calcário é lacustrino e corresponde a uma deposição em clima praticamente árido.

Até um melhor entendimento das relações estratigráficas, o autor deste trabalho resolveu adotar indistintamente, os nomes Fácies Ponte Alta ou Fácies Itaqueri, embora aparentemente a Fácies Ponte Alta pareça ter sido melhor definida, na área de Ponte Alta (MG), do que a unidade Itaqueri, no Estado de São Paulo.

A ocorrência de sedimentos carbonáticos e arenitos argilosos, com níveis conglomeráticos, em geral maciços ou com estratificações plano-paralelas e cruzadas de caráter local, definiria a Fácies Bauru. Este aspecto é o mais conhecido das ocorrências da Formação Bauru no planalto ocidental paulista. Na área de Uberaba a Fácies Bauru transgride sobre as unidades prévias e sobre o Cristalino, constituindo também a maior parte dos extensos chapadões do Triângulo Mineiro.

Acredita-se que uma definição cada vez mais precisa da estratigrafia da Formação Bauru possa ser alcançada através de estudos detalhados do tipo desenvolvido por ARID(1973), das relações espaciais das litofácies, mormente na área do Triângulo Mineiro, onde os problemas parecem ser mais complicados.

Tanto em Goiás-Mato Grosso, como no Estado de São Paulo, a Fácies Uberaba, dos autores acima mencionados, acha-se ausente e a Fácies Ponte Alta muito pouco definida e pobre em sedimentos carbonáticos. A Fácies Ponte Alta poderia corresponder ao Membro Itaqueri de FREITAS (op. cit.), somente que maior é a participação dos termos carbonáticos no pri

meiro caso.

Enquanto maior número de informações estratigráficas não se fizerem disponíveis, para uma resolução mais definitiva deste problema, ficou decidido nos debates, em mesa redonda, durante o XXV Congresso Brasileiro de Geologia (LADEIRA e outros, 1971), que a subdivisão aceita seria aquela sugerida por BARBOSA e outros (op. cit.), acima referida.

Embora a apreciação da evolução histórica de idéias sobre a estratigrafia da Formação Bauru não seja assunto primordial desta pesquisa, acredita-se que este problema é muito importante. Então, esta discussão teve como finalidade principal situar estratigraficamente o assunto em estudo, e demonstrar a complexidade da estratigrafia, ainda por resolver, da Formação Bauru.

Com base nas suas observações de campo, o autor usa neste trabalho o termo Formação Bauru, reunindo a Fácies Itaqueri ou Ponte Alta e Fácies Bauru, e dando autonomia à Formação Uberaba, como unidade litoestratigráfica independente da Formação Bauru de acordo com idéia anterior de HASUI (op. cit.).

CAPÍTULO II

TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo, compreendendo levantamentos de seções colunares e seções geológicas, observações geológicas gerais e medidas de dados de paleocorrentes em locais esparsos, além de amostragem de calcários e sedimentos não carbonáticos associados, consumiram 70 dias de trabalhos de campo, tendo sido efetuadas sete viagens às diferentes áreas do projeto.

Os trabalhos iniciais de reconhecimento geológico tiveram início no começo de 1971 e a última viagem de campo foi efetuada em setembro de 1972. Durante estes dois anos foram percorridas todas as áreas de interesse para o estudo dos calcários e sedimentos não carbonáticos associados da Formação Bauru, abrangendo os quatro Estados pelos quais se acham distribuídos os registros geológicos desta unidade estratigráfica.

Entre vários trabalhos executados no campo, no capítulo II são apresentadas as descrições e outras observações sobre seções colunares e seções geológicas, e amostragem de sedimentos para estudos de laboratório.

1 - SEÇÕES COLUNARES

As seções colunares, que expressam as inter-relações e as espessuras das unidades litológicas de camadas sedimentares na vertical, constituem uma técnica bastante interessante para visualização espacial dos comportamentos das litofácies, e servem, além disso, como uma referência precisa dos horizontes estratigráficos amostrados.

A Formação Bauru, não fugindo à regra para as formações de origem continental, é extremamente pobre em camadas guias de amplitude regional, sendo na maior parte dos casos inexistente. Mesmo em áreas mais ou menos restritas as correlações entre as camadas litológicas já são praticamente impossíveis. Dentro deste panorama, talvez a única exceção sejam as camadas de calcário da Fácies Ponte Alta, principalmente na região de Uberaba (MG), onde chegam a se estender em níveis correlacionáveis por dezenas de quilômetros.

Acredita-se que para a validade de estudos regionais de caráter sedimentológico, como é o caso em pauta, as amostras devam estar referidas, na medida do possível com a maior precisão possível, às seções colunares e/ou geológicas.

Foram levantadas 18 seções colunares isoladas, em seqüências sedimentares expostas, principalmente em cortes de rodovias. Na área de Uberaba, onde os calcários são mais conspicuamente presentes, foi levantado maior número de seções colunares, em horizontes estratigráficos, que abrangem desde o contato com os basaltos da Formação Serra Geral até a superfície do chapadão da Formação Bauru na região.

As altitudes (acima do nível do mar) para as bases das seções, foram determinadas com o altímetro de precisão Paulin referidas às estações ferroviárias. As espessuras dos diversos estratos foram medidas com trenas em camadas de menos de 1,50 m de espessura, e por nivelamentos sucessivos com o auxílio do clinômetro tipo pêndulo da bússola Brunton ou com o clinômetro tipo Abney, quando as camadas possuiam mais de 1,50 m de espessura, conforme o método de HEWETT (KOTTLOWSKI, 1965). Para o cômputo da espessura total por nivelamento, as camadas foram consideradas horizontais, pelo menos no âmbito geográfico restrito de cada seção colunar.

A classificação textural dos sedimentos detríticos no campo foi realizada com uma escala granulométrica WENTWORTH comparativa, do tipo confeccionado pelo Serviço

Geológico dos Estados Unidos (USGS), em que as diferentes granulações da fração areia são coladas em um cartão de papel, permitindo assim um rápido confronto visual sob uma lupa de mão. Para as descrições de cores dos sedimentos foi utilizada a tabela de cores de rochas ("rock color chart")da Sociedade Geológica da América (GSA: reimpressão, 1963). Estas escalas permitem que as descrições possam ficar relativamente padronizadas.

Além disso, durante os levantamentos destas seções, foram verificados os detalhes de passagens de contatos de camadas sedimentares superpostas, e as modificações texturais dentro de uma camada. Foram coletadas amostras para caracterizar as principais mudanças litológicas dentro de cada seção colunar.

1.1 - Seção colunar nº 1: SC-1

Local: Rodovia Uberaba-Araxá (BR-262)
25 km de Uberaba
Altitude da base: 883 m sobre o nível do mar

Foi aqui descrita uma seção exposta de 30,40 m de perfil de seqüência sedimentar, dos quais 1,50 m no topo constituem o solo (Figura 7).

A seqüência de sedimentos menos alterados é formada por 12,00 m de arenitos argilosos, 13,20 m de conglomerados arenosos, 2,00 m de sílex e 1,70 m de calcário.

De um modo geral a seqüência toda é bastante grosseira, pois mesmo os arenitos argilosos apresentam-se freqüentemente conglomeráticos.

O calcário, de cor 5 RP 8/2 (rosa pálido), muito silicificado, apresenta todas as características dos calcários da Formação Bauru. No topo acha-se erodido e fragmentos deste, com diâmetro de 3 a 5 cm, estão englobados no conglomerado superposto.

Os conglomerados são constituídos de seixos de tama

nhos variáveis, comumente de 4 a 5 cm, podendo atingir 20 cm, predominando quartzito, quartzo e sílex. Aparecem também bolas e pelotas de argila, variando em dimensões desde menos de 1 cm até 5 a 10 cm.

Os arenitos argilosos são localmente conglomeráticos, de coloração predominantemente 10 Y 8/2 (amarelo esverdeado pálido), com freqüentes níveis de pelotas de argila. Estas pelotas são particularmente abundantes no intervalo 12,40 - 15,90 m da base, onde os seixos de quartzo,quartzito e pelotas de argila acompanham grosseiramente as camadas frontais de estratificações cruzadas.

Fragmentos de sílex são comuns no conglomerado entre 15,90 a 23,90 m, mas o leito de 2,00 m de espessura entre 26,90 a 28,90 m da base é formado essencialmente de sílex branco e fraturado, talvez resultante de silicificação de antiga camada de calcário.

As passagens entre as camadas são transicionais ou bruscas. Quando uma camada mais grosseira passa rumo ao topo, para termos mais finos, a passagem é em geral gradual, mas quando sobre termos finos sobrepõem-se camadas de materiais grosseiros a passagem é geralmente erosiva, definida por estrutura de escavação e preenchimento. Entre as estruturas sedimentares, além das pelotas e bolas de argila e diastemas, aqui são relativamente comuns também as estratificações cruzadas.

Esta seção colunar está próxima à base da Formação Bauru, com cerca de 15,00 m de arenito argiloso, localmente conglomerático, intercalado entre a base do calcário da SC-1 e o topo da Formação Uberaba sotoposta. Neste local a Formação Bauru apresenta um conglomerado basal relativamente bem desenvolvido.

Durante a descrição deste afloramento foram coletadas as amostras de números 2 a 16.

1.2 - Seção colunar nº 2: SC-2

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
28 km de Uberaba (Serra da Galga)
Altitude da base: 781 m s.n.m.

A seção aqui aflorante tem cerca de 17,10 m de espessura, dos quais 1,00 m do topo é solo contendo freqüentes fragmentos de sílex (Figura 8).

Aqui a seqüência é similar a da SC-1, sendo constituída de uma alternância de arenitos argilosos e camadas mais lenticulares de conglomerado. Aliás, esta lenticularidade dos conglomerados aparece melhor nesta seção do que na SC-1.

Na seqüência tem-se 14,50 m de arenitos e 2,60 m de conglomerados. A espessura de arenitos é excessivamente alta em comparação às camadas de conglomerados, mas deve-se considerar também que entre os arenitos estão incluídos também arenitos argilosos e arenitos conglomeráticos.

Neste afloramento também são comuns as seguintes estruturas sedimentares: estratificações cruzadas, pelotas de argila e bolas de argila, estruturas de escavação e preenchimento, lâminas deformadas e estruturas de "chama" ("flame structure") de sedimentos argilosos. Além disso, embora pouco definidas, aparecem também as estratificações gradacionais. Esta seção é particularmente importante pela sua riqueza em estruturas sedimentares.

Na base da seção aparece uma camada lenticular de calcário nodular muito silicificado. Próximo a esta camada de calcário aparecem lentes deformadas de argila aparentemente associadas a estruturas de escorregamentos. Cerca de 50m antes do local da SC-2, rumo Uberlândia, foram coletadas as amostras 268 e 269. Além disso, da SC-2 provém também as amostras de números 17 a 35.

1.3 - *Seção colunar nº 3: SC-3*

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
28,3 km de Uberaba (Serra da Galga)
Altitude da base: 801 m s.n.m.

Este afloramento fica a 300 m do local da SC-2, rumo Uberlândia. Afloram apenas 6,00 m de sedimentos dos quais 1,00 m do topo constitui o solo (Figura 9).

Na parte basal a seqüência exibe muitas estratificações cruzadas do tipo encontrado na SC-2, com muitas pelotas de argila, mas níveis de conglomerados são inexistentes. De 5,80 m de sedimentos menos alterados tem-se 4,00 m de arenito médio a grosseiro, argiloso, intercalados por 1,80 m de camadas argilosas. A camada argilosa inferior de cerca de 0,25 m é muito deformada e descontínua, apresentando freqüentes estruturas tipo "chama" ("flame") e exibe cor 5 Y 7/2 (cinza amarelado). A camada argilosa do topo é mais contínua, compacta e possui cores variegadas.

Nesta seção colunar foram coletadas as amostras de números 36 a 43.

1.4 - *Seção colunar nº 4: SC-4*

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
50 km de Uberaba (marco km 465)
Altitude da base: 801 m s.n.m.

Foi descrita neste local uma seqüência de 22,10 m de sedimentos da Formação Bauru. Desses 22,10 m tem-se 12,60 m de arenito argiloso, localmente conglomerático, 2,00 m de arenito síltico com lentes de calcário nodular, 4,50 m de conglomerado e 3,00 m de calcário nodular arenoso, silicificado (Figura 10).

Aqui, diferentemente das seções SC-1 a SC-3, estrutu

ras sedimentares, principalmente estratificações cruzadas são inexistentes, sendo notados apenas raros níveis de pelotas de argila. Mas, próximo à seção afloram bonitas estruturas de escavação e preenchimento.

Foram coletadas aqui as amostras de 49 a 63. O calcário não foi amostrado no local da SC-4, mas 200 m após a seção rumo Uberlândia, em lentes de calcário intercaladas em arenito argiloso, carbonático, foi efetuada a amostragem nº 271.

1.5 - Seção colunar nº 5 - SC-5

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
50,5 km de Uberaba
Altitude da base: 853 m s.n.m.

Aflora aqui uma alternância de arenitos argilosos de cor 5 Y 7/2 (cinza amarelado), com intercalações de argilitos síltico-arenosos da mesma cor, que perfazem uma espessura total de 9,40 m. A espessura de solo areno-argiloso a vermelhado neste local é de 2,00 m (Figura 11).

A espessura total de 7,40 m de sedimentos menos decompostos é formada de 3,80 m de argilito e 3,60 m de arenito. O arenito é maciço, localmente conglomerático, com incipiente gradação de tamanho das partículas. O argilito é maciço, localmente arenoso, quebradiço e com freqüente aspecto nodular.

Nos primeiros 2,50 m a 3,00 m da base da seção são observados dois fenômenos interessantes: a) fenômeno da silicificação intensiva de arenito argiloso, e b) ocorrência de material placóide, laminar de cor esbranquiçada. Este material é muito parecido com aquele a que os geólogos portugueses denominam "cartão da montanha". Estas placas se acham intercaladas mais ou menos horizontalmente dentro de seqüên

cias areno-argilosas, com espessuras de 3 a 5 cm, e estendendo-se lateralmente por vários metros. A identificação da natureza mineralógica, feita por meio de difração de raios X, indicou tratar-se de atapulgita (paligorsquita) praticamente pura.

No nível de arenito argiloso situado entre 4,75 a 5,20 m da base aparecem muitos fragmentos e nódulos de sílex.

Outro fato aqui presente também é a acentuada lenticularidade das camadas, conforme pode ser visto na Figura 12.

1.6 - Seção colunar nº 6: SC-6

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
51,2 km de Uberaba
Altitude da base: 817 m s.n.m.

O afloramento aqui descrito em seção colunar é muito pequeno e com uma espessura muito grande de material intemperizado, pois, pelo menos 2,00 m são formados de solo avermelhado (Figura 13).

Abaixo do nível de solo afloram 1,30 m de arenito argiloso seguidos de 1,75 m de conglomerado e 0,10 m de argilito variegado e maciço na base.

Devido ao avançado intemperismo dos sedimentos não puderam ser observados outros detalhes eventualmente existentes.

As amostras 75 a 77 provém desta seção colunar.

1.7 - Seção colunar nº 7: SC-7

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
51,5 km de Uberaba (fundo de bossoroca)
Altitude da base: 814 m s.n.m.

Todos os afloramentos até aqui descritos são de cor

tes de estradas, mas neste caso a exposição se verifica em uma bossoroca na margem direita da estrada, rumo Uberlândia. A bossoroca tem cerca de 15,00 m de profundidade (Foto 4).

Nesta bossoroca foi descrita uma seqüência sedimentar de cerca de 14,15 m de espessura, sendo os 2,00 m do topo formado por sedimentos completamente alterados em solo arenoso de cor avermelhada do tipo 5 R 4/6 (vermelho moderado) (Figura 14).

Abaixo do nível de solo tem-se uma seqüência de 12,15 m de sedimentos, dos quais 1,00 m é formado por argilito síltico, seguido de um banco de 7,75 m de arenito muito argiloso, maciço, de cor 5 Y 7/2 (cinza amarelado), com seixos esparsos, e na base ocorre um arenito fino, não carbonático, da mesma cor que o anterior, possuindo lentes de calcário intercaladas. As lentes de calcário possuem, em geral, 2 a 3 m de extensão lateral, e apresentam-se com coloração 5 YR 8/4 (rosa alaranjado moderado).

Não foram vistas outras estruturas sedimentares singenéticas, exceto estratificação gradacional pouco pronunciada no banco intermediário de 7,75 m de espessura. As mesmas placas de material argiloso branco ("cartão da montanha") iguais às da SC-5, também ocorrem neste nível.

1.8 - Seção colunar nº 8: SC-8

Local: Rodovia Uberaba-Uberlândia (BR-050)
53 km de Uberaba
Altitude da base: 830 m s.n.m.

Neste ponto aflora um dos maiores cortes de estrada da região de Uberaba, mas os sedimentos se acham muito intemperizados e detalhes, talvez existentes quando os sedimentos estavam menos alterados, não puderam ser observados.

É impressionante a uniformidade, em exame macroscó

pico de campo, desta seqüência litológica, na qual pelo menos 20,00 m a partir da base do corte são constituídos de arenito argiloso, médio a grosseiro, em geral maciço, com níveis esparsos de pelotas de argila. As cores dos arenitos variam entre 5 Y 7/2 (cinza amarelado), na parte fresca próxima à base para 5 R 6/6 (vermelho claro) a 5 R 4/6 (vermelho moderado) rumo ao topo. A seqüência é coroada por 7,00m de solo arenoso e argiloso avermelhado. Exceto a primeira, todas as outras são cores epigenéticas, formadas durante o intemperismo atual.

Em alguns níveis, principalmente nas proximidades da base, como entre 2,30 - 3,60 m, são mais comuns os níveis silicificados. Localmente aparecem até camadas lenticulares de 0,20 a 0,30 m de sílex branco a cinza esbranquiçado (cores N9 a N8, segundo a tabela de cores). Em alguns níveis superiores também aparecem horizontes com fragmentos angulosos de sílex (Figura 15).

Na SC-8 foram coletadas as amostras de números 84 a 91.

1.9 - Seção colunar nº 9: SC-9

Local: Estrada nova de acesso BR-262 a fábrica da CCPPA (Ponte Alta-Uberaba, MG)

Altitude da base: 941 m s.n.m.

O pacote sedimentar aqui descrito tem uma espessura total de 12,20 m. Na base da seqüência, em uma camada de cerca de 2,50 m de espessura, predominam camadas de sílex fragmentado, intercaladas por arenito argiloso de cor 5 Y 7/2 (cinza amarelado) (Figura 16).

A partir do nível de 2,50 a 10,20 m a partir da base da seção aparece uma seqüência uniforme de arenito argiloso, localmente conglomerático, apresentando ligeira estratificação gradacional, que nos 1,50 m do topo assume cores va

riegadas, resultantes da combinação de 5 R 6/6 (vermelho claro) e 5 R 4/6 (vermelho moderado). Encimando a seqüência, neste afloramento, tem-se uma cascalheira de seixos de quartzo e quartzito com diâmetro médio de 3 cm, entre os limites de 1 a 10 cm.

Toda a seqüência é maciça e, exceto os níveis de pelotas de argila, e incipiente estratificação gradacional,não foram verificados outros tipos interessantes de estruturas sedimentares primárias.

Nesta seção colunar foram coletadas as amostras entre os números 94 e 102.

1.10 - Seção colunar nº 10 - SC-10

Local: Estrada nova de acesso BR-262 à fábrica da CCPPA (Ponte Alta-Uberaba, MG)

Altitude da base: 927 m s.n.m.

O conjunto de sedimentos expostos em corte de estrada aberta recentemente tem uma espessura total de 16,60 m (Figura 17).

É constituído somente de seqüências conglomeráticas e arenosas, com predominância das últimas. Os níveis mais grosseiros estão no intervalo entre 3,10 a 4,90 m e 15,10 a 16,60 m a partir da base, sendo constituídos predominantemente de seixos de 3 até 10 cm, de quartzo, quartzito e raros de sílex. O restante do afloramento é formado por arenito médio a grosseiro, muito argiloso, com pelotas de argila, localmente concentradas.

No intervalo entre 6,35 a 6,65m da base da seção ocorre uma camada de arenito argiloso silicificado.

Neste afloramento foram coletadas as amostras de números 103 a 113.

1.11 - Seção colunar nº 11: SC-11

Local: Estrada nova de acesso BR-262 à fábrica da CCPPA (Ponte Alta-Uberaba, MG)
Altitude da base: 904 m s.n.m.

Os sedimentos aqui expostos formam um corte de 5,30m de altura, dos quais 1,50 m constituem solo cinzento escuro (cor N 3) no topo (Figura 18).

Abaixo da camada de solo tem-se 3,20 m de arenito médio, levemente carbonático, de cor 5 Y 7/2 (cinza amarelado), intercalado por uma camada de 0,60 m de conglomerado arenoso situado entre 0,80 a 1,40 m da base da seção.

Nenhuma estrutura sedimentar singenética foi verificada. Aqui foram coletadas as amostras de nrs. 118 a 120.

1.12 - Seção colunar nº 12: SC-12

Local: Pedreira nº 2 da CCPPA (Ponte Alta, MG)
Altitude da base: 900 m s.n.m.

Nesta seção, exposta pela exploração da CCPPA, na pedreira nº 2 de sua propriedade, foi descrito o conjunto mais espesso de sedimentos aflorantes em apenas uma localidade. São mais de 36,00 m de sedimentos, dos quais 2,00 m do topo formam o solo. O corte todo possui dois patamares intermediários; um no topo do banco de calcário e o outro a 28,50 m da base da seção, que foram feitos pela companhia durante os serviços de desmonte (Figura 19).

Na base da seqüência tem-se um banco de calcário, localmente conglomerático, de cerca de 7,70 m de espessura em exploração, que tem continuidade abaixo por alguns metros, embora a sua qualidade decaia ligeiramente (Foto 5).

Excluindo-se a camada de solo e o banco de calcário, entre 7,70 m a 34,10 m, a partir da base da seção, tem-se um

pacote constituído de alternância de leitos de conglomerado, arenito argiloso e sílex.

O arenito argiloso é micáceo, carbonático, de cores 5 Y 7/2 (cinza amarelado) a 5 GY 8/1 (cinza esverdeado claro) e perfaz uma espessura global de cerca de 20,00 m. Enquanto isso, o conglomerado apresenta-se com 4,50 m, as camadas de sílex com 0,60 m e argilito arenoso, maciço aparece entre 32,30 a 33,10 m da base da seção.

Neste corte não foram constatadas estruturas sedimentares singenéticas de interesse a não ser níveis de pelotas de argila. Foram coletadas as amostras entre 123 a 129 no banco de calcário e de 134 a 145 na seqüência não carbonática superposta.

1.13 - Seção colunar nº 13: SC-13

Local: Rodovia Uberaba-Araxá (BR-262)
25,2 km de Uberaba
Altitude da base: 888m s.n.m.

O afloramento aqui descrito acha-se profundamente intemperizado e dos 20,40 m expostos puderam ser descritos e amostrados apenas 4,40 m da base. Nestes 4,40 m tem-se: 2,00 m de arenito médio com pelotas de argila, superpostos por 2,40 m de arenito médio, cor 10 Y 6/2 (verde oliva pálido) com estratificações cruzadas acanaladas e pelotas de argila (Figura 20).

Na parte basal desta seqüência foram coletadas as amostras de nrs. 212 a 215.

1.14 - Seção colunar nº 14: SC-14

Local: Rodovia Uberaba-Araxá (BR-262)
25,6 km de Uberaba
Altitude da base: 898 m s.n.m.

Aqui também, tal como na SC-13, a capa de solo perfaz uma grande parcela do afloramento. Dos 5,30 m de sedimentos, menos alterados, foram descritos 3,00 m de espessura de arenito argiloso com pelotas de argila, cor 10 Y 6/2 (verde oliva pálido) na base e 2,30 m de conglomerado argiloso superposto. Neste conglomerado alguns seixos parecem ser de basalto decomposto, mas predominam os de quartzo,quartzito e sílex. Neste afloramento foram coletadas as amostras de número 216 até 219 (Figura 21).

1.15 - Seção colunar nº 15: SC-15

Local: BR-153 (206 km de Frutal, MG rumo Goiânia)
Altitude da base: 659 m s.n.m.

Em um corte de rodovia aparece uma seqüência de sedimentos da Formação Bauru, cuja espessura alcança 9,60 m no local da SC-15 (Figura 22).

A seqüência toda é essencialmente arenosa,constituída por predominância de arenito fino a médio, não carbonático, localmente laminado. Aparecem intercalados dois níveis de brechas intraformacionais de fragmentos argilosos com matriz arenosa e cimento carbonático, entre 5,00 a 5,70 m e entre 6,40 a 6,60 m a partir da base. Próximo a base nota-se uma camada irregular de argilito nodular, muito carbonático de cerca de 0,50 m de espessura. Próximo ao local da SC-15, em nível estratigráfico mais baixo, afloram arenitos com estratificações cruzadas que foram medidas para levantamento de direções de paleocorrentes.

Foram coletadas nesta exposição as amostras entre os nrs. 183 a 187.

1.16 - Seção colunar nº 16: SC-16

Local: Rodovia Bauru a Piratininga (SP)
21 km de Bauru pela SP-294
Altitude da base: 442 m s.n.m.

Neste corte da SP-294 tem-se uma seqüência de 7,90 m de sedimentos da Formação Bauru, em que os 2,00 m do topo estão completamente intemperizados com formação de solo arenoso (Figura 23).

Em geral a seqüência toda é constituída de arenito fino a médio, argiloso de cor 5 R 6/6 (vermelho claro). De 0,90 a 1,00 m da base tem-se um nível de pelotas de argila e entre 0,90 a 1,90 m da base aparecem abundantes nódulos carbonáticos.

Neste afloramento foram coletadas as amostras nrs. 276, 277 e 278.

1.17 - Seção colunar nº 17: SC-17

Local: Rodovia Duartina a Garça (SP)
12 km a partir da entrada de Duartina
Altitude da base: 510 m s.n.m.

Em um corte da rodovia SP-294, no local onde a SC-17 foi levantada, afloram 11,50 m de sedimentos da Formação Bauru, dos quais tem-se 0,50 m de solo arenoso no topo (Figura 24).

Em geral toda a seqüência é formada de arenito maciço de granulação média a fina e somente entre 5,50 a 7,00 m da base tem-se uma camada de arenito argiloso estratificado incipientemente com intercalações de arenito bem laminado. Nos 3,50 m da base o arenito é carbonático e argiloso e mostra muitos nódulos carbonáticos de 4 a 10 cm de comprimento, de formato irregular, dispersos dentro do arenito. Os nódulos aparecem concentrados mais em determinados níveis do que em outros (Foto 6).

Foram coletadas as amostras entre os números 299 a 303, das quais duas são de nódulos carbonáticos.

1.18 - Seção colunar nº 18: SC-18

Local: Rodovia Duartina a Garça (SP)
14,5 km a partir da entrada de Duartina
Altitude da base: 629 m s.n.m.

Esta é a terceira das seções colunares levantadas ao longo da SG-3 (seção geológica entre Bauru e Herculândia, SP), e também constitui a última da série de 18 seções colunares levantadas.

Neste local afloram sedimentos, que no ponto de medição apresentam uma espessura total de 4,80 m, dos quais 0,50 m do topo forma um solo arenoso (Figura 25).

Nota-se uma alternância de camadas de argilito maciço, cor 5 R 4/6 (vermelho moderado) em níveis entre 0,40 a 1,20 m da base e 2,00 a 2,80 m da base, sendo pouco carbonático e com raros nódulos carbonáticos e arenito fino a médio.

No nível entre 1,20 a 2,00 m a partir da base aparece uma camada de arenito médio a grosseiro com raros seixos, em geral, esparsos. Nesta camada ocorrem concentrações de seixos e pelotas de argila na parte basal.

Na seção SC-18 foram coletadas as amostras 306 e 307.

2 - SEÇÕES GEOLÓGICAS

As seções colunares têm a vantagem de mostrar os detalhes das seqüências litológicas, mas não permitem visualizar as variações laterais das várias unidades, a não ser em âmbito muito restrito. As seções geológicas suprem aquela deficiência e, além disso, podem fornecer informações de caráter estratigráfico e/ou estrutural, que são fundamentais na interpretação geológica de uma área em estudo.

Ao efetuar os levantamentos de dados de campo para as seções geológicas, os rumos foram medidos com a bússola Brunton e as diferenças de nível entre as estações sucessi

vas de observação foram determinadas com o altímetro de Paulin. As medidas de distâncias, entre as estações, foram feitas com o odômetro de veículo utilizado nos levantamentos, que fornece resultados suficientemente precisos para esta finalidade. Na medida do possível foi efetuada amarração das seções com os marcos quilométricos das rodovias.

2.1 - *Seção geológica nº 1: SG-1*

A seção geológica SG-1 foi levantada por uma distância de 90 km entre a localidade de Delta na margem do Rio Grande, no limite dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, até o marco quilométrico 457 da BR-050 (rodovia Uberaba-Uberlândia). A orientação média desta seção foi norte-sul.

Nesta distância foram feitas observações em 84 estações, o que dá uma média de praticamente uma estação por quilômetro percorrido. Os nivelamentos foram sempre referidos à estação anterior, de modo que somente alguns minutos decorressem entre as leituras do altímetro em duas estações sucessivas, eliminando-se assim praticamente a necessidade de correção de erros diários devidos à variação de pressão barométrica.

Na Figura 3 observa-se que, começando de uma cota de cerca de 460 m, ao nível do rio Grande, sobre os basaltos, a BR-050 atravessa uma alternância de vales rasos e colinas suaves por 25 km a partir de Delta. Neste trecho a diferença de cota entre o vale mais profundo (do rio Grande) e a colina mais alta é superior a 165 m.

Depois atinge-se uma área de relevos mais suavizados que constitui o nível da Formação Uberaba. Neste trecho a espessura residual da Formação Uberaba, após atuação incessante da erosão pós-cretácea, é de no máximo 90m, considerando-se a diferença de nível entre o contato com a Formação Bauru, a 53 km de Delta na cota de 790 m e o contato infe

rior com o basalto no vale do rio Uberaba na cota de 700 m.

Após a Serra da Galga passa-se a percorrer a área do patamar da Formação Bauru, cuja altitude média está em torno de 850 m, com um mínimo de 790 m, no contato com a Formação Uberaba, e um máximo de 900 m nas alturas dos marcos km 475 e 463.

No marco km 457, cerca de 90 km distante de Delta, atinge-se a cota de 990 m, que continua subindo muito suavemente até ultrapassar a cifra dos 1 000 m de altitude sobre o nível do mar. A partir daí até Uberlândia a rodovia prossegue por cima do denominado chapadão somente interrompido por raros vales, relativamente pouco profundos.

A primeira ocorrência da Formação Bauru ao longo da SG-1, na Serra da Galga, corresponde à afloramentos da Fácies Ponte Alta em prosseguimento à escarpa da frente de erosão que vem desde a Ponte Alta e Serra das Paineiras, próximas a BR-262.

Pela SG-1, observando-se os níveis de contato das diferentes unidades geológicas, não se nota nenhuma evidência que indique tectonismo na área ao longo da BR-050.

Esta seção foi interrompida no marco km 457, porque a principal finalidade do trabalho em pauta, na área, é o estudo dos calcários da Fácies Ponte Alta e suas relações com os sedimentos detríticos associados.

2.2 - *Seção geológica nº 2: SG-2*

A seção geológica SG-2 foi levantada entre Uberaba e a Serra do Sacramento por uma distância de 77 km, através do traçado da BR-262 (rodovia Uberaba-Araxá).

Neste trecho foram estabelecidas 47 estações de observação, com uma média de uma estação por 1,5 km percorrido. Os nivelamentos e as medidas de distâncias entre as estações foram feitas como na SG-1.

Na Figura 4 pode-se verificar que a altitude da entrada de Uberaba (trevo BR-262: BR-050) é de 763 m em terrenos da Formação Uberaba. Neste trecho a Formação Uberaba tem no topo a Formação Bauru a 840 m de altitude, na Serra das Paineiras, a 25 km a leste de Uberaba. Enquanto isso, o seu contato inferior com os basaltos da Formação Serra Geral não aparece no mesmo nível em diferentes localidades, variando desde 715 m a 6 km de Uberaba até 750 m no marco km 451. Considerando-se este desnível como devido ao relevo do topo do basalto, resultaria em uma declividade de 3 m/km para SW, o que coincidiria com o declive da base da Formação Bauru encontrado por BARBOSA e outros (1970). O contato da Formação Uberaba com os basaltos a 11,3 km de Uberaba, na descida para o vale do ribeirão dos Teles, está a 725 m; então, confrontando-se esta altitude com 750 m do marco km 451, tem-se 25m/ /6,7 km ou 3,7 m/km, que é só ligeiramente superior ao valor citado anteriormente.

Portanto, estes desníveis tanto podem ser explicados como resultados de falhamentos no vale do ribeirão dos Teles, e no vale a 6,5 km de Uberaba, como por simples desnível com queda constante para SW do embasamento basáltico na região.

Destas hipóteses, a segunda parece ser mais plausível, já que no vale do rio das Velhas (um dos formadores do rio Araguari), situado a 58 km de Uberaba na BR-262, os contatos entre a cascalheira da Formação Bauru (?) e o basalto estão a 990 m na margem esquerda (SW) e a 1 025 m na margem direita (NE). Em ambas as margens ele está bem mais alto do que na região de Uberaba e, além disso, a diferença de nível nas duas margens indica também uma queda da superfície basáltica para SW, com valores da mesma ordem de grandeza.

Neste trecho a Formação Uberaba apresenta uma espessura de 110 m, considerando-se a sua base no marco km 451 e o topo um pouco antes (cerca de 300 m) da SC-1, onde ocorre

o contato com a Formação Bauru superposta.

Na subida da Serra das Paineiras, atingindo-se cotas superiores a 1 000 m, a superfície da Formação Bauru apresenta-se como um chapadão com ligeira subida rumo ao contato com os quartzitos do Grupo Canastra (Pré-cambriano: BARBOSA e outros, 1970) Tomando-se como pontos de referência a entrada da CCPPA, situada a 1 010 m, e o contato do Grupo Canastra, a 1 151 m de altitude, tem-se uma diferença de nível de 141 m em 44 km, o que fornece uma declividade de 3,2 m/km para a superfície do chapadão da Formação Bauru, na área,com inclinação para SW.

A única interrupção mais importante do relevo do chapadão entre os pontos supra considerados é encontrado no vale do rio das Velhas, onde aparecem cascalheiras em ambas as margens, em faixas de 5 km na margem SW e de 3 a 4 km na margem NE. Nestas cascalheiras ocorre predomínio absoluto dos seixos de quartzito sobre os seixos e matacões de outra natureza.

2.3 - *Seção geológica nº 3: SG-3*

Esta seção foi levantada entre as cidades paulistas de Bauru e Herculândia, passando por Garça e Marília, por uma distância de aproximadamente 170 km.

Toda a extensão da seção abrangeu somente área de ocorrência da Formação Bauru. Portanto, ao invés de se tentar reproduzir as relações estratigráficas e estruturais com as formações subjacentes, como nas duas primeiras seções geológicas, as seções SG-3 e SG-4 tiveram outra finalidade.

O autor achou muito importante estudar as amostras de arenitos neste trecho, embora calcários verdadeiros no Estado de São Paulo estejam restritos à região de Agudos e Piratininga, porque todos os calcários dessa formação nada mais são do que "arenitos superenriquecidos em cimento carbonáti-

co", em que as porcentagens de carbonato de cálcio atingem valores anormalmente altos de 60 a 70%. Os sedimentos arenosos muito carbonáticos, que não chegam a ser calcários, são relativamente comuns no planalto Garça-Marília, abrangido pelas seções SG-3 e SG-4, e FREITAS (1955) chegou a adotar esta característica como parâmetro estratigráfico, onde a unidade superior (Unidade Marília de ALMEIDA e BARBOSA, 1953 ou Membro Bauru de FREITAS, 1955) se caracterizaria pela cimentação carbonática.

O interesse em se levantar as seções supra mencionadas está ligado ao problema dos carbonatos, na tentativa de se encontrar alguma explicação plausível para a inexistência de calcários no planalto Garça-Marília, a não ser na área restrita a Agudos, e também tentar verificar a validade ou não desta característica como parâmetro estratigráfico.

O perfil SG-3 atravessa a faixa de anomalia de espessura referida por AMARAL e ARID (1971: 113), onde as espessuras da Formação Bauru atingiriam valores próximos a 300 m e poderia corresponder a uma fossa tectônica.

Pelo exame da SG-3 verifica-se que no intervalo considerado da Formação Bauru existem, embora não muito claramente delineados, três trechos de morfologias distintas: o primeiro que vai de Bauru até o km 372 da SP-294, o segundo que vai do km 372 até o terceiro trevo de entrada de Marília (próximo a SP-294), e o último que vai desde este ponto até o final do perfil (Figura 5).

No primeiro trecho a ondulação do relevo é relativamente forte, com cota máxima de 585 m (marco km 342) e mínima de 415 m (no limite dos municípios de Bauru e Piratininga pela SP-294 e no vale antes do km 372). Portanto, a amplitude de variação das cotas é da ordem de 170 m.

O trecho seguinte é caracterizado por uma altitude maior. Nesta parte da seção a cota mínima é de cerca de

450 m no vale após a entrada de Fernão Dias e a cota máxima de 710 m na área de Marília, quando se percorre por um trecho da rodovia BR-153. Embora a amplitude devido a valores extremos, máximo e mínimo, das cotas presentes, seja aqui maior, a média situa-se entre 600 a 700 m, e portanto a feição geral do relevo é de maior uniformidade em relação ao primeiro trecho. O topo deste planalto (de Garça-Marília) deve definir aproximadamente a superfície final por ocasião do fecho deposicional da Formação Bauru na região, pois o prolongamento do topo do planalto da área de Uberaba (superfície Pratinha de ALMEIDA, op. cit.) vem coincidir com o topo do planalto de Garça-Marília, definindo um ângulo de mergulho da mesma ordem de grandeza da superfície do embasamento basáltico.

O último trecho se caracteriza por uma declividade constante rumo à calha do rio Paraná. A cota máxima de 680m, próximo ao terceiro trevo de Marília, já diminui para 612 m na entrada Oriente; em Pompéia é da ordem de 582 m e, finalmente em Herculândia, onde termina o perfil, tem-se uma altitude de 481 m.

Ao longo da SG-3 foram coletadas as amostras entre os números 276 a 329, e foram levantadas também três seções colunares.

2.4 - *Seção geológica nº 4: SG-4*

Ao longo da rodovia Assis-Lins (SP-333), no Estado de São Paulo, com traçado mais ou menos perpendicular à SG-3, foi levantada a SG-4, que teve uma extensão de 56 km.

A freqüência de detalhes geológicos observáveis ao longo das seções SG-3 e SG-4 foi bem menor, de modo que as distâncias entre as estações de observações foram bem maiores do que nas seções SG-1 e SG-2. Estas distâncias nas duas últimas seções chegaram a ser de mais de 3 km em alguns casos, mas estiveram naturalmente condicionadas às variações

de relevo e à existência de afloramentos.

Na seção SG-4 destacam-se dois platôs com a elevação aproximadamente igual, aos de Marília e de Echaporã. Entre os dois platôs verifica-se a existência de um vale de cerca de 20 km de largura, por onde corre o rio do Peixe, um dos afluentes do rio Paraná (Figura 6).

No platô de Echaporã observa-se um fato interessante que pode ter implicações tectônicas. Do km 469,rumo Echaporã, terrenos provavelmente basálticos pertencentes à Formação Serra Geral, são vistos até pouco antes do local da amostra 330, portanto a uma cota de aproximadamente 600 m. No outro flanco do mesmo platô, afloramentos de arenitos da Formação Bauru são contínuos pelo menos até o ponto indicado na Figura 6, que está a uma cota de 540 m. Esta diferença de cota entre os pontos distantes entre si de 10 km forneceria um declive de 6 m/km, caso a queda seja constante entre os pontos considerados. Pode-se admitir também que o desnível que parece existir corresponda a um falhamento ocorrido entre aqueles pontos, em algum lugar do platô de Echaporã.

Infelizmente não puderam ser verificadas presenças de basaltos no vale do rio do Peixe, mas se for admitida uma espessura máxima de 300 m para a Formação Bauru na região,poderia ser atingido o embasamento basáltico neste vale, pois a diferença de cota entre aquele ponto e os platôs de Marília e Echaporã e desta ordem de grandeza.

No platô de Marília, no seu flanco NNE pode-se ver que os afloramentos da Formação Bauru atingem aproximadamente a cota de 500 m nas partes mais baixas, e estando o topo do platô a uma cota de mais de 700 m, tem-se no mínimo uma espessura de 200 m de sedimentos.

Neste perfil, como aconteceu na SG-3, foram comuns os níveis de nódulos carbonáticos. Nos locais com nódulos foram coletados pares de amostras de arenito e nódulo. Ao

longo do perfil foram coletadas as amostras de nrs. 330 a 344.

3 - AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS

A amostragem teve como finalidade primordial obter materiais em quantidade e qualidade suficientes para a caracterização mais fiel possível das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos calcários e sedimentos detríticos a eles associados.

Houve intenção deliberada de retratar da melhor maneira as variações geográficas e estratigráficas daquelas propriedades, até hoje praticamente desconhecidas fora do Estado de São Paulo, embora alguns trabalhos de caráter mais regional tenham sido efetuados por autores prévios, como foi visto no Capítulo II deste trabalho.

Tendo-se em vista os objetivos supra mencionados foram coletadas 362 amostras de superfície, obtidas durante os trabalhos de levantamento dos dados de campo.Geograficamente estas amostras provêm dos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. Estratigraficamente fazem parte de vários níveis dentro da Formação Bauru, desde a sua base até o topo ainda hoje preservado da erosão pós-cretácea. Desse modo, a maior parte delas está relacionada às seções geológicas ou às seções colunares (Figuras 3 a 6, 7 a 11 e 13 a 25). Menor número é integrado por amostras esparsas coletadas sem amarração com seções colunares ou seções geológicas.

São na maioria amostras pontuais, e somente em casos esporádicos, indicados na Tabela 1, foram obtidas amostras em canal. As amostras de superfície provêm de afloramentos naturais ou artificiais. Os afloramentos naturais são formados por vales de rios, bordas escarpadas de morros e bossorocas. Estas últimas constituem feições erosivas bastante comuns nas áreas da Formação Bauru e nos terrenos de

sedimentos neocenozóicos do Estado de São Paulo. As exposições artificiais são constituídas por cortes de estradas e frentes de pedreiras de calcários em exploração ou abandonadas.

Nos casos de afloramentos naturais ou cortes mais antigos de estradas o material superficial está, em geral, bastante alterado, de modo que antes da amostragem procedeu-se a limpeza eliminando a capa superficial de intemperismo.

As amostras de subsuperfície, em número de 12, foram selecionadas principalmente das calcárias, de testemunhos de sondagens de 4 dos muitos furos da área de Buracão, executados pela CCPPA, e colocados a disposição do autor pela companhia. Para verificação dos detalhes sobre a localização das amostras de calcários observar também as Figuras 46 e 47.

Portanto, as amostras de superfície coletadas pelo autor, somadas as 12 amostras de subsuperfície, perfazem 374 amostras, que foram utilizadas para a caracterização dos sedimentos estudados.

Tendo em vista uma comparação das características dos calcários da Formação Bauru com depósitos de caliches, como foi mencionado na Introdução (Capítulo I) deste trabalho, o autor conseguiu obter 5 amostras, gentilmente cedidas pelo geólogo Joaquim Raul Torquato, cuja relação com as respectivas localizações, é a seguinte:

Amostra	Latitude	Longitude
416/235	16° 56' S	11° 53' E
416/241	16° 52' S	11° 54' E
416/255	17° 00' S	12° 00' E
417/3	16° 52' S	12° 09' E
440/3A	17° 08' S	12° 02' E

As amostras supra mencionadas provêm da região da

Baía de Tigres (sul de Angola, África), e foram coletadas no deserto de Moçâmedes, prolongamento para o norte do deserto de Namib. Os depósitos de caliche, segundo TORQUATO (informações verbais) ocorrem, com espessuras que variam desde alguns centímetros até 6 a 7 m, ora diretamente sobre o embasamento, ora superposto a 15 a 20 m de marga com 0 a 1,00m de conglomerado basal, com contato erosivo entre ambos. O embasamento no local é constituído de migmatitos e granitos. Dentro das camadas de caliche são verificadas presenças de diastemas, acusados por diferenças de coloração de ambos os lados de um plano de separação irregular. Estes depósitos de caliche datam do fim do Terciário.

3.1 - *Natureza dos materiais amostrados*

3.1.1 - Calcários

Os calcários são representados por 70 amostras abrangendo as amostras coletadas pelo autor em todas as áreas de ocorrências conhecidas, com maior concentração nas áreas de Ponte Alta (MG) e Agudos (SP) e 11 amostras de testemunhos de sondagens efetuadas pela CCPPA.

As amostras de calcários coletadas em superfície são provenientes, na sua maior parte, de pedreiras em exploração ou abandonadas, e alguns afloramentos naturais em paredões e encostas de morros.

Estas amostras foram posteriormente serradas para observação de detalhes macroscópicos em superfícies frescas. Enquanto a primeira metade foi utilizada para exame macroscópico e posterior arquivamento, a outra metade foi destinada à confecção de seções delgadas e o restante moído para estudos de insolúveis, análise química, e determinações isótopicas de carbono e oxigênio.

Em virtude do grande número de análises que esteve envolvido na caracterização dos calcários foi necessário co

letar, em geral, blocos de 1 a 2 kg. quantidade esta suficiente para todas as investigações de laboratório. Algumas amostras de tamanho menor não puderam ser submetidas a todos os exames de laboratório.

3.1.2 - Arenitos e clásticos mais finos

Foram coletadas 227 amostras de arenitos, matriz de conglomerados, arenitos argilosos e argilitos principalmente para análises granulométricas. Estas amostras provieram principalmente da Formação Bauru, mas foram coletadas também algumas amostras relacionadas a outras unidades estratigráficas, tais como, Formação Uberaba, sedimentos cenozóicos e material argiloso de alteração de arenitos argilosos da Formação Bauru.

As amostras daqueles materiais, estranhos à formação, foram coletadas com a finalidade de se confrontar os resultados com os dos sedimentos da Formação Bauru.

São na maioria do tipo pontual, e, em casos de bancos mais espessos (vários metros) foram colhidas 2 amostras: uma na base e outra no topo, ou em outros casos intercalando-se uma amostra intermediária. Em casos mais raros, de aparente uniformidade litológica, foi feita amostragem de canal. Cerca de 1 kg de material foi colhido por amostra sendo acondicionado em sacos de plástico.

Estas amostras, depois de submetidas à análises granulométricas permitiram caracterizar texturalmente e classificar com maior precisão os tipos de sedimentos, ao mesmo tempo que, por meio de tratamentos estatísticos mais ou menos elaborados foram conseguidas importantes indicações sobre as características dos ambientes de deposição.

Algumas amostras exibiram intensa carbonatação e/ou silicificação, impedindo assim a análise granulométrica pelos processos convencionais. Nestes casos foram confecciona

das seções delgadas para estudo microscópico.

3.1.3 - Seixos, conglomerados e brechas

Os seixos provêm de níveis conglomeráticos,bem mais comuns nas regiões do Triângulo Mineiro e sul de Goiás-Mato Grosso, do que no Estado de São Paulo; isto porque as primeiras áreas correspondem às regiões mais marginais de deposição da Formação Bauru. Como se sabe, nas áreas mais próximas à borda de bacias deposicionais os sedimentos são normalmente mais grosseiros.

As camadas conglomeráticas estão normalmente na base ou muito próximas à base da Formação Bauru, mas existem também alguns níveis mais superiores intercalados entre os arenitos. Na área de Uberaba foram coletadas 17 amostras de conglomerados.

De brechas sedimentares, relativamente freqüentes na Formação Bauru,foram coletadas 2 amostras.

Para estudos de composição petrográfica,morfometria e petrofábrica foram coletadas 12 amostras de seixos. Destas, apenas 7 foram destinadas ao estudo de petrofábrica porque só nestas foram feitas linhas de referência, durante a coleta dos seixos, conforme indicadas por SUGUIO (1973: 132).

3.1.4 - Concreções calcárias

Enquanto que as camadas carbonáticas são relativamente raras, as concreções ou nódulos carbonáticos são comuns nos sedimentos da Formação Bauru no Estado de São Paulo, e também ao sul de Mato Grosso.

As concreções foram separadas, no campo, de suas matrizes arenosa ou argilosa geralmente carbonáticas, e assim foram coletadas 26 amostras para estudo de insolúveis. Algumas amostras foram confeccionadas em seções delgadas para estudos microscópicos.

3.1.5 - Materiais silicificados

Estes materiais provêm, tanto de camadas de arenito silicificado, como de manchas de silicificação de calcários. Foram coletadas 7 amostras com a finalidade de se observar detalhes sobre a mineralogia das substâncias silicosas e origem do fenômeno da silicificação. O fenômeno da silicificação foi observado até em testemunhos de sondagens, em profundidades superiores a 40 m.

Seções delgadas para estudo microscópico foram preparadas a partir destas amostras.

TABELA 1 - RELAÇÃO DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BAURU COM ESPECIFICAÇÕES DE PROCEDÊNCIA, NATUREZA LITOLÓGICA E OS PROCESSAMENTOS AOS QUAIS FORAM SUBMETIDAS AS AMOSTRAS

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
1(a)	BR-262: 1 km de Uberaba, rumo Araxá	Arenito	AG, TC
2	BR-262: SC-1	Calcário nodular	AI, AQ, EI, SD, SP
3	BR-262: SC-1	Conglomerado arenoso	AG, TC
4	BR-262: SC-1	Arenito carbonático	AG, TC
5	BR-262: SC-1	Conglomerado arenoso	AG, TC
6	BR-262: SC-1	Arenito argiloso	AG, TC
7	BR-262: SC-1	Arenito argiloso	AG, TC
8	BR-262: SC-1	Conglomerado arenoso	AG, TC
9	BR-262: SC-1	Arenito argiloso	AG, TC
10	BR-262: SC-1 (Base)	Arenito grosseiro	AG, TC
11	BR-262: SC-1 (Média)	Arenito grosseiro	AG, TC
12	BR-262: SC-1 (Topo)	Arenito grosseiro	AG, TC
13	BR-262: SC-1 (Base)	Arenito grosseiro	AG, TC
14	BR-262: SC-1 (Média)	Arenito grosseiro	AG, TC
15	BR-262: SC-1 (Topo)	Arenito grosseiro	AG, TC
16	BR-262: SC-1	Conglomerado brechóide	AG, TC
17	BR-050: SC-2	Arenito médio	AG, TC
18	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito conglomerático	AG, TC
19	BR-050: SC-2 (Topo)	Arenito conglomerático	AG, TC
20	BR-050: SC-2	Arenito médio	AG, TC
21	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito conglomerático	AG, TC
22	BR-050: SC-2 (Topo)	Arenito conglomerático	AG, TC
23	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito argiloso	AG, MP, TC
24	BR-050: SC-2 (Média)	Arenito argiloso	AG, MP, TC
25	BR-050: SC-2 (Topo)	Arenito argiloso	AG, TC
26	BR-050: SC-2	Conglomerado fino	AG, TC
27	BR-050: SC-2	Arenito conglomerático	AG, TC
28	BR-050: SC-2	Arenito fino	AG, TC
29	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito médio	AG, TC
30	BR-050: SC-2 (0,65m da base)	Arenito médio	AG, TC
31	BR-050: SC-2 (Topo)	Arenito médio	AG, TC
32	BR-050: SC-2 (Base)	Conglomerado areno-argiloso	AG, TC
33	BR-050: SC-2 (Topo)	Conglomerado areno-argiloso	AG, TC
34	BR-050: SC-2 (1,00m da base)	Arenito médio	AG, TC
35	BR-050: SC-2 (Topo)	Arenito médio	AG, TC
36	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito médio	AG, TC
37	BR-050: SC-2 (0,85m da base)	Arenito médio	AG, TC
38	BR-050: SC-2 (1,85m da base)	Arenito médio	AG, TC
39	BR-050: SC-2	Argilito síltico	AG, TC
40	BR-050: SC-2 (Base)	Arenito médio	AG, TC
41	BR-050: SC-2 (1,20m da base)	Arenito médio	AG, TC
42	BR-050: SC-2 (0,20m do topo)	Arenito médio	AG, TC
43	BR-050: SC-2 (Base)	Argilito arenoso	AG, TC
44	BR-031 (23 km de Uberaba)	Arenito argiloso	AG, TC
45	BR-031 (23 km de Uberaba)	Arenito	AG, TC
46	BR-050 (50 km de Uberaba)	Arenito argiloso	AG, TC
47	BR-050 (50 km de Uberaba)	Arenito médio	AG, TC
48	BR-050 (50 km de Uberaba)	Arenito conglomerático	AG, TC
49	BR-050: SC-4 (1,00m da base)	Arenito fino a médio	AG, TC
50	BR-050: SC-4 (Topo)	Arenito fino a médio	AG, TC
51	BR-050: SC-4 (Base)	Arenito fino	AG, TC
52	BR-050: SC-4 (1,00m da base)	Arenito fino	AG, TC
53	BR-050: SC-4 (Topo)	Arenito fino	AG, TC
54	BR-050: SC-4 (Canal)	Arenito argiloso	AG, TC
55	BR-050: SC-4 (Base)	Arenito argiloso	AG, TC
56	BR-050: SC-4 (Médio)	Arenito argiloso	AG, TC
57	BR-050: SC-4 (Topo)	Arenito argiloso	AG, TC
58	BR-050: SC-4 (Canal)	Arenito muito argiloso	AG, TC
59	BR-050: SC-4	Arenito argiloso	AG, MP, TC
60	BR-050: SC-4 (Base)	Arenito médio	AG, TC
61	BR-050: SC-4 (Topo)	Arenito médio	AG, TC
62M	BR-050: SC-4	Matriz de conglomerado	AG, TC
62S	BR-050: SC-4	Seixos de conglomerado	MP
63	BR-050: SC-4 (Base)	Arenito argiloso	AG, TC
64	BR-050: SC-4 (1,00m da base)	Calcário nodular	AI, AQ, EI, SD, SP
65	BR-050: SC-5 (Canal)	Arenito argiloso	AG, TC
66	BR-050: SC-5 (Base)	Arenito muito argiloso	AG, TC
67	BR-050: SC-5 (Topo)	Arenito muito argiloso	AG, TC
68	BR-050: SC-5	Arenito argiloso	AG, TC
69	BR-050: SC-5 (0,40m da base)	Arenito conglomerático	AG, TC
70	BR-050: SC-5	Arenito argiloso	AG, MP, TC
71	BR-050: SC-5 (Base)	Argilito	AG, TC
72	BR-050: SC-5 (Topo)	Argilito	AG, TC
73	BR-050: SC-5 (Média)	Arenito médio	AG, TC
74	BR-050: SC-5 (Média)	Argilito	AG, TC
75	BR-050: SC-6 (Base)	Conglomerado arenoso	AG, TC
76	BR-050: SC-6 (1,00m da base)	Conglomerado arenoso	AG, TC
77	BR-050: SC-6 (Base)	Arenito médio	AG, TC
78	BR-050: SC-7	Calcário nodular	AI, AQ, EI, SD, SP
79	BR-050: SC-7 (Canal)	Arenito fino	AG, TC
80	BR-050: SC-7 (Canal)	Arenito argiloso	AG, TC
81	BR-050: SC-7 (3,40m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
82	BR-050: SC-7 (Topo)	Arenito argiloso	AG, TC
83	BR-050: SC-7 (Canal)	Argilito síltico	AG, MP, TC
84	BR-050: SC-8 (0,30m da base)	Arenito médio	AG, TC
85	BR-050: SC-8 (Topo)	Arenito médio	AG, TC

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
86	BR-050: SC-8 (2,20m da base)	Arenito grosseiro	AG, TC
87	BR-050: SC-8 (4,50m da base)	Arenito grosseiro	AG, TC
88	BR-050: SC-8 (6,00m da Base)	Arenito grosseiro	AG, TC
89	BR-050: SC-8 (7,70m da base)	Arenito grosseiro	AG, TC
90	BR-050: SC-8 (0,20m da base)	Arenito fino	AG, TC
91	BR-050: SC-8 (2,20m da base)	Arenito fino	AG, TC
92	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Arenito médio	AG, TC
93	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Arenito argiloso	AG, TC
94	BR-262: CCPPA - SC-9	Arenito médio	AG, TC
95	BR-262: CCPPA - SC-9	Arenito fino	AG, MP, TC
96	BR-262: CCPPA - SC-9	Arenito argiloso	AG, TC
97	BR-262: CCPPA - SC-9	Argilito arenoso	AG, TC
98	BR-262: CCPPA - SC-9 (0,10m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
99	BR-262: CCPPA - SC-9 (2,30m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
100	BR-262: CCPPA - SC-9 (4,00m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
101	BR-262: CCPPA - SC-9 (5,50m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
102	BR-262: CCPPA - SC-9 (1,00m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
103	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (base)	Arenito médio	AG, TC
104	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (1,80m da base)	Arenito médio	AG, TC
105	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (topo)	Arenito médio	AG, TC
106M	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (topo)	Matriz de conglomerado	AG, MP, TC
106S	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (topo)	Seixos de conglomerado	MF
107	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (média)	Arenito	AG, TC
108	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (0,50m da base)	Arenito médio	AG, TC
109	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (2,50m da base)	Arenito médio	AG, TC
110	Estrada BR-262: CCPPA-SC-10 (4,50m da base)	Arenito médio	AG, TC
111	BR-262 à fábrica de CCPPA (estrada nova)	Arenito fino	AG, TC
112	BR-262 à fábrica de CCPPA (estrada nova)	Arenito fino	AG, TC
113	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Calcário nodular	AI, AQ, EI, SD, SP
114	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Calcário maciço	AI, AQ, EI, SD, SP
115	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Calcário conglomerático	AQ, EI, SD, SP
116	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Arenito	AG, TC
117	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Arenito médio	AG, MP, TC
118	Estrada BR-262: CCPPA-SC-11 (0,40m da base)	Arenito médio	AG, TC
119M	Estrada BR-262: CCPPA-SC-11	Matriz de conglomerado	AG, TC
119S	Estrada BR-262: CCPPA-SC-11	Seixos de conglomerado	MF
120	Estrada BR-262: CCPPA-SC-11	Arenito médio	AG, TC
121	BR-262 à fábrica da CCPPA (estrada nova)	Arenito fino	AG, TC
122	BR-262 à fábrica CCPPA (estrada nova)	Arenito fino	AG, TC
123	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 base	Calcário	AQ, EI, SD, SP
124	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (1,00m da base)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
125	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (2,30m da base)	Calcário	AI, AQ, EI, SD
126	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (3,30m da base)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
127	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (4,50m da base)	Calcário	AI, AQ, EI, SD
128	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (5,70m da base)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
129	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (6,90m da base)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
130	Pedreira nº2: CCPPA Amostragem lateral	Calcário	AI, AQ, EI, SP
131	Pedreira nº2: CCPPA Amostragem lateral(36m da am. 130)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
132	Pedreira nº2: CCPPA Amostragem lateral (36m da am. 131)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
133	Pedreira nº2: CCPPA Amostragem lateral (90m da am 132)	Calcário	AI, AQ, EI, SD
134	Pedreira nº2: CCPPA SC-12(0,35m da base)	Arenito argiloso	AG, TC
135	Pedreira nº2: CCPPA SC-12(1,45m da base)	Arenito argiloso	AG, TC

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
136	Pedreira nº2: CCPPA SC-12(2,95m da base)	Arenito argiloso	AG, MP, TC
137	Pedreira nº2: CCPPA SC-12(0,50m da base)	Conglomerado arenoso	AG, TC
138	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (base)	Arenito fino	AG, TC
139	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (0,80m do topo)	Arenito fino	AG, TC
140	Pedreira nº2: CCPPA-SC-12	Conglomerado arenoso	AG, TC
141	Pedreira nº2: CCPPA-SC-12	Arenito fino a médio	AG, TC
142	Pedreira nº2: CCPPA-SC-12	Conglomerado arenoso	AG, TC
143	Pedreira nº2: CCPPA SC-12 (0,30m do topo)	Arenito fino	AG, TC
144	Pedreira nº2: CCPPA-SC-12	Conglomerado arenoso	AG, TC
145	Pedreira nº2: CCPPA-SC-12	Argilito arenoso	AG, MP, TC
146	Pedreira J3: CCPPA	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
147	Pedreira J3: CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
148	Pedreira J3: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
149	Pedreira J3: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD
150	Pedreira J3: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
151	Pedreira J3: CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
152	Pedreira Faz.Pântano: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
153	Pedreira Isaías Souto:P.Alta	Arenito argiloso	AG, TC
154	Pedreira Isaías Souto:P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
155	Pedreira Masson. Frente B CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
156	Pedreira Masson. Frente B CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD
157	Pedreira Masson. Frente A CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
158	Pedreira Masson. Frente A CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
159	Pedreira Pedro J.Silveira: P.Alta	Calcário puro	AQ, EI, SD, SP
160	Pedreira Pedro J.Silveira: P.Alta	Calcário nodular	AQ, EI, SD, SP
161(a)	Estrada P.Alta:Faz.Pântano	Arenito	AG, TC
162	Pedreira Buracão: CCPPA	Calcário impuro	AQ, EI, SD, SP
163	Pedreira Buracão: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
164	Pedreira Buracão: CCPPA	Calcário puro	AQ, EI, SD
165(a)	Frente à Pedreira Buracão CCPPA	Arenito	AG, TC
166	Pedreira Goiabeira: CCPPA	Calcário nodular	AQ, EI, SD, SP
167	Pedreira Goiabeira: CCPPA	Calcário puro	AQ, EI, SD, SP
168	Pedreira Fantini: CCPPA	Calcário	AQ, EI, SD, SP
169	Pedreira Fantini: CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
170	Pedreira Fantini: CCPPA	Arenito argiloso	AG, TC
171	Pedreira Gabriel Aleixo: P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
172	Serra das Paineiras:P.Alta	Arenito	AG, TC
173	Serra das Paineiras:P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
174	Serra das Paineiras:P.Alta	Conglomerado arenoso	AG, TC
175	Pedreira G.Aleixo: P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
176	Pedreira Faz.João Braga: P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
177	Pedreira Faz.João Braga: P.Alta	Calcário	EI, SD, SP
178	Pedreira Faz.João Braga: P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
179	Faz.José A.R.Cunha: Peirópolis	Arenito conglomerático	AG, TC
180	Pedreira Faz.S.José(Grotão)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
181A	Grotão(P.Alta): CCPPA	Calcário maciço	AQ, EI, SD, SP
181B	Grotão(P.Alta): CCPPA	Calcário	AQ, AI, EI, SD, SP
182	Grotão(Inferninho):P.Alta	Calcário	AQ, EI, SD, SP
183	BR-153: SC-15(base)	Arenito fino	AG, TC
184	BR-153: SC-15(média)	Arenito fino	AG, AQ, EI, MP
185	BR-153: SC-15(topo)	Arenito fino	AG, AI, AQ, EI
186	BR-153: SC-15	Arenito médio	AG, TC
187	BR-153: SC-15	Arenito conglomerático	AG, AQ, EI
188	Rumo N60°W, 2 km de Prata (MG)-Morrinho	Arenito	AG, TC
189	Rumo N60°W, 2 km de Prata (MG)-Morrinho	Calcário	AQ, EI, SD, SP
190	Rumo N60°W, 2 km de Prata (MG)-Morrinho	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
191	BR-153: Marco km 195	Arenito fino	AG, TC
192A	BR-153: Marco km 200	Arenito fino	AG, TC
192B	BR-153: Marco km 200	Arenito fino	AG, TC
193	Estrada C.Dourada-Ituiutaba 48 km de C.Dourada	Arenito médio	AG, TC
194	Estrada C.Dourada-Ituiutaba 35 km de C.Dourada	Calcário impuro	AG, AQ, EI, SD
195	Estrada C.Dourada-Ituiutaba 35 km de C.Dourada	Calcário arenoso	AI, AQ, EI, SD, SP
196	BR-364:C.S.Simão-Jataí 21 km de C.S.Simão(GO)	Arenito médio	AG, TC
197	BR-364:C.S.Simão-Jataí 27 km de C.S.Simão(GO)	Arenito médio	AG, TC
198	BR-364:C.S.Simão-Jataí 39 km de C.S.Simão(GO)	Arenito conglomerático	AG, TC
199	BR-364:C.S.Simão-Jataí 39 km de C.S.Simão(GO)	Calcário arenoso	AQ, EI, SD, SP
200	BR-364:C.S.Simão-Jataí 57 km de C.S.Simão(GO)	Conglomerado arenoso	AG, TC
201	BR-364:C.S.Simão-Jataí 57 km de C.S.Simão(GO)	Arenito	AG, TC
202	BR-364:C.S.Simão-Jataí 77 km de C.S.Simão(GO)	Arenito fino	AG, TC
203	BR-364:C.S.Simão-Jataí 77 km de C.S.Simão(GO)	Arenito carbonático	AI, AQ, EI, SD
204	BR-364:C.S.Simão-Jataí 83 km de C.S.Simão(GO)	Arenito fino	AG, TC

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
205	Estrada Rio Verde-Quirinópolis - 33 km da BR-060 (GO)	Arenito fino	AG, AQ, EI, SD, SP
206	Estrada Rio Verde-Quirinópolis - 33 km da BR-060 (GO)	Arenito fino	AG, TC
207	33 km da BR-060 (GO)	Calcário conglomerático	AQ, EI, SD, SP
208	91 km da BR-060 (GO)	Brecha argilosa	SP
209	91 km da BR-060 (GO)	Calcário	AG, AI, EI, SD, SP
210	Estrada Quirinópolis-Riberlândia - 17 km de Quirinópolis	Arenito fino	AG, TC
211	17 km de Quirinópolis	Arenito fino	AG, TC
212	BR-262: SC-13 (Base)	Arenito médio	AG, TC
213	BR-262: SC-13 (Média)	Arenito médio	AG, TC
214	BR-262: SC-13 (Topo)	Arenito médio	AG, TC
215	BR-262: SC-13 (Topo)	Arenito grosseiro	AG, TC
216	BR-262: SC-14	Arenito argiloso	AG, TC
217	BR-262: SC-14	Arenito argiloso	AG, TC
218	BR-262: SC-14	Conglomerado argiloso	MF
219	BR-262: SC-14	Conglomerado arenoso	AG, TC
220(a)	BR-262: fábrica CCPPA Estrada nova 400 m da vila	Arenito argiloso	AG, TC
221(a)	BR-262: fábrica CCPPA Estrada nova 400 m da vila	Arenito argiloso	AG, TC
222(a)	BR-262: fábrica CCPPA Estrada nova 400 m da vila	Arenito argiloso	AG, TC
223	BR-050: 55 km de Uberlândia (Marco km 456)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
224	BR-050: 55 km de Uberlândia (Marco km 456)	Calcário	AQ, EI, SD
225	Estrada Inocência-Cassilândia - 80 km de Inocência(MT)	Arenito	AG, TC
226	Estrada Inocência-Cassilândia - 80 km de Inocência(MT)	Brecha argilosa	SP
227	86 km de Inocência (MT)	Arenito carbonático	AG, TC
228	Estrada SP-225: 6 km antes de Piratininga, rumo Bauru	Calcário arenoso	AI, AQ, EI, SD, SP
229	Agudos(SP) - morro torre TV	Calcário arenoso	AQ, EI, SD, SP
230	Agudos(SP) - Morro Serraria	Calcário	AQ, EI, SD, SP
231	Agudos(SP) - Morro Serraria	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
232	Agudos(SP) - Morro Serraria	Arenito carbonático	AG, TC
233	Agudos(SP) - Morro Serraria	Calcário	AQ, EI, SD, SP
234	Agudos(SP) - Morro S.João Fazenda dos Afonsos	Arenito	AG, TC
235	Agudos(SP) - Morro S.João (Topo)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
236	Agudos(SP) - Morro S.João	Arenito grosseiro	AG, TC
237	Agudos(SP) - Morro S.João	Calcário	AQ, EI, SD, SP
238	Agudos(SP) - Morro S.João	Calcário	AQ, EI, SD, SP
239	Borebi(SP) - Faz.São José	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
240	Borebi(SP) - Faz.São José	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
241	Borebi(SP) - Faz.São José	Arenito médio	AG, TC
242	Faz. Santa Rita (km 337)-Estrada Agudos-Paulistânia	Calcário	AQ, EI, SD, SP
243	Faz.Santa Rita (Agudos,SP) Localidade de Macaé	Arenito grosseiro	AG, TC
244	Faz.Santa Rita (Agudos,SP) Localidade de Macaé	Arenito carbonático	AG, TC
245	Faz.Santa Rita (Agudos,SP) Localidade de Macaé	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
246	Faz. Veado - Leito FEPASA Piratininga (SP)	Arenito carbonático	AG, TC
247	Serra do Veado - Piratininga (SP)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
248	Faz. Veado - Leito FEPASA Piratininga (SP)	Arenito médio	AG, TC
249	SP-225: 4,5 km após entrada de Alba, rumo Santa Cruz	Calcário arenoso	AQ, EI, SD, SP
250	Agudos(SP) - Margem do rio Quito (Matadouro)	Arenito médio	AG, TC
251	Estrada municipal Duartina-P.Dias - 4,5 km de Duartina (SP)	Arenito carbonático	AG, TC
252	Faz. São Sebastião - 9,0 km de Duartina (SP)	Arenito grosseiro	AG, TC
253A	Faz. São Sebastião -10,0 km de Duartina (SP)	Arenito	AG, TC
253B	Faz. São Sebastião -10,0 km de Duartina (SP)	Nódulo carbonático	AQ, EI, SD
254A	Faz. São Sebastião - 9,5 km de Duartina (SP)	Arenito	AG, TC
254B	Faz.São Sebastião - 9,5 km de Duartina (SP)	Arenito carbonático	AG, TC
255A	Próx.Est.Esmeralda(SP)-Faz. S.J.das Antas - FEPASA	Arenito	AG, TC

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
255B	Próx.Est.Esmeralda(SP)FEPASA Faz. S.J.das Antas	Arenito carbonático	AG, TC
256	Duartina(SP).Faz.Sto.Antonio	Arenito	AG, TC
257	Duartina(SP).Faz.Sto.Antonio	Conglomerado	AG
258A	SP-294: Trevo de Duartina(SP)	Arenito	AG, TC
258B	SP-294: Trevo de Duartina(SP)	Nódulo carbonático	AQ, EI, SD, SP
259	Pedr.Goiabeira - P.Alta(MG)	Calcário silicificado	SD
260	BR-050: Local SC-5	Arenito silicificado	SD
261	BR-050: Local SC-5	Arenito silicificado	SD
262	BR-050: Local SC-5	Arenito silicificado	SD
263	Pedr.nº2: CCPPA - P.Alta(MG) Local SC-12	Seixos de conglomerado	MF, PF
264	Pedr. J3: CCPPA	Calcário silicificado	SD
265	BR-262: Fábrica CCPPA - Local SC-10	Seixos de conglomerado	MF, PF
266	BR-262: Local SC-1 (200 m antes)	Seixos de conglomerado	MF, PF
267	BR-262: 19 km após entrada de P.Alta (MG)	Seixos de "cascalheira"	MF, PF
268	BR-050: S.Galga(Local SC-2)	Calcário	AQ, EI, SD, SP
269	BR-050: S.Galga(Local SC-2)	Sílex	SD
270	BR-050: Local da SC-2(Base)	Seixos de conglomerado	MF, PF
271	BR-050: 300m após local SC-4 (rio Tejuco)	Calcário	SD, SP
272	BR-050: 100m após SC-4	Seixos de conglomerado	MF, PF
273	Aporé(GO) - Faz.de José Pedro de Oliveira	Arenito carbonático	AG, TC
274	Estr.Cassilândia-Itajá (MT) 12 km de Cassilândia	Arenito carbonático	AG, TC
275	Estr.Cassilândia-Paranaíba (MT)-17 km de Cassilândia	Arenito carbonático	AG, TC
276	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
277	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
278	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
279	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
280	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
281	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
282	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
283	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
284	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
285	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
286	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
287	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
288	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
289	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
290	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
291	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
292	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
293	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
294	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
295	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
296	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
297	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
298	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Seixos de conglomerado	PF
299	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
300	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
301	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
302	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
303	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
304	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
305	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
306	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
307	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
308	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
309	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
310	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito fino	AG, TC
311	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito médio	AG, TC
312	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito médio	AG, TC
313	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
314	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito médio	AG, TC
315	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
316	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito médio	AG, TC
317	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito argiloso	AG, TC
318	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
319	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
320	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
321	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
322	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
323	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
324	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
325	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
326	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
327	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
328	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Arenito	AG, TC
329	SP-294: SG-3 Bauru-Herculândia (SP)	Nódulo carbonático	EI
330	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
331	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito fino	AG, TC
332	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
333	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito fino	AG, TC
334	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
335	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
336	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
337	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
338	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
339	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
340	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
341	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
342	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
343	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Arenito	AG, TC
344	SP-333: SG-4 Echaporã - Marília (SP)	Nódulo carbonático	EI
345	SP-225 - Faz. Cocais: Cabeceiras do corr. Alecrim (Santa Cruz), SP	Calcário arenoso	AI, AQ, EI, SD, SP
346(b)	Extração de argila da CCPPA P.Alta (MG)	Material terroso	AG

TABELA 1 - continuação

AMOSTRA NÚMERO	PROCEDÊNCIA	NATUREZA DA AMOSTRA	PROCESSAMENTO
347(b)	Extração de argila da CCPPA P.Alta (MG)	Material terroso	AG
348(c)	Estrada Velha Uberlândia-Araxá - 80 km de Uberlândia (MG)	Areia fina a média	AG
349(c)	Estrada Velha Uberlândia-Araxá - 80 km de Uberlândia (MG)	Areia fina a média	AG
350(c)	Estrada Velha Uberlândia-Araxá (Rio Claro) - 84 km de Uberlândia (MG)	Areia fina a média	AG
351(c)	Estrada Almeida Campos-Uberaba: Rib. São Pedro	Areia fina a média	AG
352(a)	BR-31: Local Santa Rosa	Arenito	AG, TC
353(a)	BR-31: Local Santa Rosa	Arenito	AG, TC
	AMOSTRAS DE SUBSUPERFÍCIE		
F32B 17m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
F32B 18,5m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI, SD, SP
F32B 23-23,10m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F32B 40,40m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F32B 44,17m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Sílex	SD, SP
F34B 24,8-24,9m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F34B 28,7m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F36B 22,2m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F36B 37,2-37,3m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F38B 46,8m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI
F38B 48,6m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AQ, EI
F38B 51-51,1m	Buracão - CCPPA Ponte Alta(Uberaba-MG)	Calcário	AI, AQ, EI

1(a) - Amostras da Formação Uberaba

346(b) - Amostras de solo de alteração da Formação Bauru

348(c) - Amostras de sedimentos pós-Bauru

PROCESSAMENTOS:

AG = análise granulométrica

AI = análise isotópica

AQ = análise química

EI = estudo de insolúveis

MF = morfometria

MP = minerais pesados

PF = petrofábrica

SD = seção delgada

SP = seção polida

TC = teor de carbonato

CAPÍTULO III

SEDIMENTOS DETRÍTICOS

Este capítulo é dedicado à caracterização textural, estrutural (estruturas sedimentares) e composicional (mineralogia) dos sedimentos clásticos, mais ou menos carbonáticos, associados aos calcários. Os sedimentos clásticos ou detríticos são representados por conglomerados, arenitos,siltitos e argilitos.

São relatados resultados de análises granulométricas, estudos de minerais pesados e de argila e teor de carbonato de cálcio de arenitos; determinações de petrofábrica, litologia e morfometria de seixos de conglomerados e descrição e interpretação de estruturas sedimentares de origem singenética e epigenética.

1 - ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

1.1 - Generalidades

As análises granulométricas, também denominadas comumente análises mecânicas, constituem um procedimento de laboratório freqüentemente adotado para caracterização textural de rochas sedimentares clásticas.

Nos estudos ligados aos problemas de sedimentação estas análises permitem: a) caracterizar e classificar os sedimentos com o mínimo de subjetividade; b) correlacionar sedimentos de diferentes áreas por meio de tratamentos estatísticos adequados; c) dar idéias relativas muito aproximadas sobre diferentes valores de permeabilidade e porosidade dos sedimentos; d) inferir idéias relativas à gênese dos sedimentos, no que diz respeito ao modo de transporte e deposição

nos casos de sedimentos clásticos e e) preparar os sedimentos para outros tipos de estudos, tais como, de minerais pesados, textura superficial dos grãos, estudos de argilo-minerais, etc. (SUGUIO, 1973).

A maior parte das finalidades acima previstas pode ser cumprida pelas análises granulométricas realizadas durante a execução deste estudo, conforme será visto em detalhe nos parágrafos seguintes.

1.2 - *Amostragem, materiais e métodos de análise*

As amostragens de materiais para análises granulométricas compreenderam tão somente os sedimentos aflorantes em superfície.

O processo de amostragem adotado foi, em geral, o pontual, procurando-se coletar amostras que, tanto quanto possível, caracterizassem uma fase de sedimentação (seg. APFEL, 1938). Isto é importante pois em sedimentos clásticos ela corresponde a um período específico de condições constantes de transporte e deposição. Na Formação Bauru, sendo relativamente freqüentes fases muito espessas (de alguns metros), procedeu-se a amostragem em canal nestas unidades, a fim de se ter uma idéia da composição granulométrica do banco. As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico, tendo-se o cuidade de coletar cerca de 1 kg de material por amostra, depois de removida a capa superficial de intemperismo.

Os locais das amostragens acham-se indicados na Tabela 1, nas seções colunares SC-1 a SC-18 e nas seções geológicas SG-1 a SG-4.

Entre os materiais amostrados, sendo parte substancial formada de calcários, destinados a outros tipos de processamentos de laboratório, foram submetidas às análises granulométricas apenas 230 amostras de sedimentos da Formação Bauru. Destas 230 amostras, 141 são provenientes da região

de Uberaba, 24 da região oeste de Uberaba (Frutal, Prata, MG e sul de Goiás e Mato Grosso), e 65 da região entre Bauru e Herculândia (SP). Quando forem feitas referências a essas três regiões, daqui em diante, serão denominadas região 1, região 2 e região 3, respectivamente.

O método de laboratório consistiu de uma quarteação para se chegar a amostras de tamanhos adequados, conforme a granulação média da amostra, sendo de cerca 100 g. nos casos de arenitos e 50 g. nos sedimentos síltico-argilosos.

O passo seguinte consistiu em verificar-se o teor de carbonato de cálcio nas amostras, tendo-se efetuado as determinações pelo método gasométrico utilizando-se aparelho do tipo idealizado por CHITTICK (DREIMANIS, 1962). Parcialmente, em casos de amostras cujo teor de carbonato era mais elevado (mais de 10%) foi utilizado o processo de pesagem das amostras, antes e depois do ataque com HCl, tendo-se por diferença a porcentagem de $CaCO_3$, processo este preconizado por PETTIJOHN (1931: 441), que fornece resultados mais precisos do que o anterior em vista de volume maior de material utilizado nas determinações.

Após verificados os teores em $CaCO_3$, foram estabelecidos os pesos iniciais necessários para se ter, depois do ataque com ácido clorídrico, cerca 100 g. para sedimentos arenosos e 50 g. para sílticos e argilosos.

Nos casos de sedimentos com cimento carbonático foi evitado o uso de bases fortes para alcalinizar ou neutralizar o meio, tendo-se utilizado água quente de aproximadamente 70° C, para lixiviar, ao máximo o HCl remanescente. Após a neutralização, quando o sedimento apresentou o problema da floculação, foi feito uso de pirofosfato de sódio como antifloculante.

Após a desagregação e defloculação das amostras, estas ficaram prontas para as análises granulométricas, que fo

ram processadas inicialmente pelo método da pipetagem e, em seguida, pelo peneiramento. A pipetagem foi utilizada para dimensionamento de partículas inferiores a 0,062 mm de diâmetro e o peneiramento para grãos maiores que 0,062 mm. O tempo de peneiramento, de acordo com a granulação média do material, conforme rápida inspeção visual, variou de 10 a 15 minutos, sendo maior nos casos de materiais de granulação mais fina. Na fase de peneiramento, para se obter maior precisão nos cálculos estatísticos, alguns autores recomendam o emprego de peneiras com intervalos sucessivos de 1/4 Ø. No caso em pauta, as análises foram encaminhadas, tendo-se usado intervalos de 1/2 Ø nas classes de peneiramento, e 1 Ø nas classes dimensionadas por pipetagem, que são os intervalos usuais. A escala granulométrica usada foi a de WENTWORTH (1922).

Durante esta fase de processamento foi verificada grande freqüência de argila em forma de pelotas milimétricas, que na medida do possível, foram dimensionadas sem desagregação, já que assim foram incluídas nos sedimentos durante os processos deposicionais.

1.3 - *Classificação dos sedimentos*

Para classificar as amostras de sedimentos da Formação Bauru, analisadas neste trabalho, foi utilizado o diagrama triangular de SHEPARD (1954; modificado por BIGARELLA e SALAMUNI, 1962).

Nos diagramas triangulares (Figuras 26 a 31) foram representados os tipos de sedimentos, lançados conforme os diversos campos estabelecidos por BIGARELLA e SALAMUNI (op. cit.). Além disso, foi incluído um quarto fator, que enquadra as partículas maiores que 2,00 mm de diâmetro (maior que areia), abrangendo os grânulos e seixos. Assim, estão representados os sedimentos com granulação predominante de areia, silte ou argila por meio de símbolos adequados para distin

guir em cada caso, as amostras que são conglomeráticas (1 a 5% de partículas maiores que 2,00 mm); muito conglomeráticas (5 a 10% de partículas maiores que 2,00 mm) e conglomerados, quando possuem mais de 10% de partículas maiores que 2,00 mm, diferenciados dos arenitos, siltitos e argilitos com menos de 1% daquelas partículas grosseiras. O limite superior de mais de 10% de partículas maiores que 2,00 mm para que as rochas sedimentares passem a se chamar de conglomerados foi estabelecido por PETTIJOHN (1957). As diferentes classificações de amostras com menos de 10% dessas partículas foram estabelecidas pelo autor deste trabalho já em trabalho prévio (SUGUIO, 1969: 32), para subdividir e assim melhor caracterizar os sedimentos contendo partículas grosseiras.

Na Figura 32 estão representados os resultados de classificação dos tipos de sedimentos estabelecidos para 230 amostras analisadas, distinguindo-se conforme três diferentes áreas geográficas de proveniência das amostras. Usando-se o critério acima foram estabelecidos 20 diferentes tipos de sedimentos, a saber: conglomerado com matriz arenosa, conglomerado com matriz areno-síltica, arenito muito conglomerático, arenito síltico muito conglomerático, arenito argiloso muito conglomerático, arenito conglomerático, arenito síltico-conglomerático, arenito argiloso-conglomerático, arenito síltico-argiloso conglomerático, siltito argiloso-conglomerático, argilito síltico-conglomerático, arenito, arenito síltico, arenito argiloso, arenito síltico-argiloso, siltito arenoso, siltito argiloso, siltito argilo-arenoso, argilito síltico e argilito síltico-arenoso. Sedimentos dos tipos siltito, argilito ou argilito arenoso não foram observados.

Comparando-se as três regiões (Figura 32) verificam-se diferenças muito nítidas entre elas. Dos 20 tipos de sedimentos enumerados, todos ocorrem na área de Uberaba, mostrando a grande diversidade litológica desta região. Este fato se contrapõe frontalmente às situações que ocorrem na região

de Frutal e Prata (MG), sul de Goiás e Mato Grosso e na região Bauru-Marília (SP), onde foram observados apenas 4 tipos. Na região 2 ocorrem somente os tipos arenito, arenito síltico, arenito argiloso e siltito argiloso e na região 3 são encontrados arenito, arenito síltico, arenito argiloso e siltito arenoso, sempre na seqüência decrescente de abundância de números de casos observados. As modas das freqüências de distribuição dos tipos situam-se entre os arenitos sílticos na região 1, enquanto que nas regiões 2 e 3 sobressai claramente a classe arenito.

Os resultados acima indicam diferenças muito claras entre a região de Uberaba (região 1) e as duas outras regiões. Além disso, examinando-se os tipos de sedimentos presentes nas 3 regiões constata-se a presença de sedimentos grosseiros conglomeráticos, associados a arenitos sílticos e argilosos, situação característica de sedimentos muito pouco maturos (FOLK, 1951), na região 1, e grande abundância de arenitos menos argilosos e ausência de termos litológicos conglomeráticos (entre as amostras analisadas) nas duas regiões restantes, são indicativas de maior maturidade textural.

O conceito de maturidade para sedimentos da região entre Bauru e Marília foi analisado, com certo detalhe, por FREITAS (1955: 68-75). É natural que se pode estar frente a situações estratigráficas diferentes, quando então comparações tão simplistas seriam inadequadas, no entanto, tais considerações deverão ser feitas nas páginas seguintes.

1.4 - Número de classes texturais

O número de classes texturais mais freqüente, isto é, o número de intervalos da escala de WENTWORTH (op. cit.) envolvidos em uma amostra de sedimento sugere, muitas vezes, o grau de competência do agente depositante em selecionar o material transportado, ou então reflete transporte excessiva

mente curto para que possam entrar em jogo quaisquer mecanismos de seleção das partículas.

Relativamente limitada foi a freqüência de casos com diferentes números de classes texturais. Assim nas regiões 1 e 2 aparecem casos de 8 até 11 classes texturais, enquanto que na região Bauru-Marília surgiram somente casos com 8 até 10 classes texturais.

Verificou-se que os sedimentos da Formação Bauru, pelo menos nas amostras analisadas, não apresentaram menos de 8 classes texturais com intervalos de 1 Ø. Nas amostras de conglomerados da região de Uberaba deve-se admitir que 11 classes texturais representam o mínimo, já que as partículas com diâmetros superiores a 2,00 mm foram computadas dentro de uma única classe com diâmetro maior que aquele valor.

Foi notada predominância de classes com, no mínimo 11 classes texturais na região de Uberaba (53%), enquanto que na região 2 a freqüência de casos na mesma classe decai para 16%, e não existe na região 3. Na região 2 predominam casos com 9 classes texturais (47%) e na região de Marília este caso atinge a cifra de 77%.

Os fatos enumerados sugerem que os sedimentos da região de Bauru-Marília sejam bem melhor selecionados do que os da região de Frutal e Prata e, estes mais do que na região de Uberaba.

1.5 - *Parâmetros estatísticos de FOLK e WARD*

As freqüências de distribuição granulométrica foram calculadas em termos porcentuais, tendo-se para cada amostra as porcentagens em peso de diferentes intervalos granulométricos. Os intervalos granulométricos usados, seguidos nas classificações, obedeceram a escala proposta por WENTWORTH (1922).

As freqüências parciais dos intervalos granulométricos foram, em seguida, somadas sucessivamente tendo-se assim

as freqüências acumuladas. As freqüências acumuladas foram lançadas em papel de probabilidade aritmética, com os valores de diâmetros na escala Ø, ao longo do eixo das abcissas crescendo da direita para esquerda e as freqüências acumuladas das classes, crescendo de baixo para cima, ao longo do eixo das ordenadas. O valor do diâmetro usado para representação de cada intervalo granulométrico foi o limite inferior da classe, sendo portanto cada classe representativa de freqüência de material retido na peneira, isto é, de material mais grosseiro do que o diâmetro usado na representação gráfica.

Das 230 curvas acumulativas assim obtidas foram extraídos os valores de diâmetros em escala Ø, correspondentes a 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% e 95% da distribuição, que são os dados necessários para calcular os parâmetros granulométricos sugeridos por FOLK e WARD (1957). Usando-se estes parâmetros foi possível descrever os sedimentos em termos de suas várias propriedades ligadas à distribuição granulométrica, incluindo o diâmetro médio, grau de seleção, o grau de assimetria e a curtose.

Em seguida são apresentados resumidamente os métodos de cálculo de cada um dos parâmetros e os seus respectivos significados, sendo ao mesmo tempo discutidos os valores encontrados para os sedimentos da Formação Bauru.

1.5.1 - Diâmetro médio (Mz)

O diâmetro médio é calculado pela relação:

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

sendo ϕ_{16}, ϕ_{50} e ϕ_{84} os diâmetros, em escala Ø, correspondentes a 16%, 50% e 84% da distribuição.

Este valor é proposto porque $\emptyset_{16}$ define uma média razoável para 1/3 mais grosseiro da amostra e $\emptyset_{84}$ para 1/3 mais fino, enquanto que $\emptyset_{50}$ fornece uma média para 1/3 intermediário, dando assim uma visão mais completa da curva de distribuição.

Geologicamente o diâmetro médio reflete a média geral de tamanho das partículas nos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente.

Para os sedimentos da Formação Bauru as amostras analisadas sugerem que o diâmetro médio varia desde areia grossa (0 a 1 Ø) até silte muito fino (7,0 a 8,0 Ø). Os valores intermediários oscilam entre aqueles extremos, como pode ser visto na Figura 33, que mostra as distribuições dos valores de Mz para as 3 regiões em que foi subdividida geograficamente a Formação Bauru para simples efeito de estudo comparativo. No lado direito desta figura aparecem indicadas as freqüências porcentuais relativas de casos de incidência dos diâmetros médios. Na região 1 a classe mais freqüente é a de silte grosso (39%), sendo seguidas por areia muito fina (28%), silte médio (13%), areia fina (9%), areia média (6%), silte fino (3%), areia grossa (1%) e silte muito fino (1%).Enquanto isso, a classe mais abundante nas regiões 2 e 3 é a de areia fina (59% e 46%, respectivamente). Além disso, os casos de classes de incidência dos diâmetros médios que eram de 8 na região 1, passam para 4 e 5, nas regiões 2 e 3. Considerando-se todas as amostras da Formação Bauru, analisadas granulometricamente, a classe mais freqüente permanece no silte grosso (31%), mostrando influência predominante das amostras da região 1, por sinal as mais numerosas.

Esta visão geral de tendências dos valores de diâmetro médio mostra que, apesar de grande participação de sedimentos com partículas grosseiras (grânulos e seixos), muito grande também é a freqüência de clásticos finos (siltes e ar

gilas), fazendo com que os diâmetros médios na região 1 desloquem para intervalos granulométricos mais finos em relação às regiões 2 e 3.

1.5.2 - Desvio padrão (σ_I)

O grau de seleção das amostras é um outro aspecto importante das análises granulométricas e o desvio padrão pode ser usado como uma medida desta dispersão.

FOLK e WARD (op. cit.) propõem o emprego da seguinte relação para o cálculo do desvio padrão:

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

Tem sido verificado que esta relação fornece um valor de desvio padrão bastante aproximado daquele matematicamente calculado.

O grau de seleção pode depender consideravelmente do modo de transporte dos sedimentos. Tem sido sugerido que a seleção aumenta com o transporte do sedimento, mas isto ocorre provavelmente em parte como conseqüência do decréscimo de granulometria com o transporte, quando os valores caem nas extremidades das curvas, nas quais a seleção está aumentando com o decréscimo do diâmetro médio.

Segundo RUSSELL (1939, in INMAN, 1949) a seleção pode se processar pela ação de três tipos de mecanismos diferentes: seleção local (durante a deposição), e seleção progressiva (durante o transporte), ou ambas ao mesmo tempo. O terceiro caso, ou seja, da seleção resultante de fenômenos que ocorrem durante o transporte e deposição deve ser o mais comum, mas parece sempre existirem situações em que uma ou outra predomina.

Para a discussão dos resultados encontrados nas

amostras da Formação Bauru pode-se usar a escala qualitativa sugerida por FOLK e WARD (op. cit.), que apresenta os seguintes valores limites:

σ_I menor que 0,35 = muito bem selecionado
0,35 a 0,50 = bem selecionado
0,50 a 1,00 = moderadamente selecionado
1,00 a 2,00 = pobremente selecionado
2,00 a 4,00 = muito pobremente selecionado
σ_I maior que 4,00 = extremamente mal selecionado

Pela Figura 33 vê-se que predominam amostras do tipo muito pobremente selecionado, que chega a 89%, seguido de pobremente selecionado (8%) e moderadamente selecionado (3%) na região 1 (área de Uberaba). Nas duas outras regiões predominam amostras do tipo pobremente selecionado, que atinge 83% na região 2 e 57% na região 3. Este fato demonstra que a seleção granulométrica das amostras melhora ligeiramente para as duas últimas regiões. Além disso, na primeira região os valores abrangem 4 tipos de graus de seleção, desde moderadamente até muito pobremente selecionado, enquanto que na região 2 passa a 2 e na última região a 3 tipos de graus de seleção.

Considerando-se todas as amostras analisadas da Formação Bauru a classe mais freqüente de grau de seleção permanece no tipo muito pobremente selecionado, embora a sua freqüência decaia em favor de outros tipos, seguido pelo tipo pobremente selecionado.

1.5.3 - Graus de assimetria (Sk_I)

O grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio em relação à mediana. Em uma distribuição simétrica, o diâmetro médio e a mediana coincidem e, portanto não existe assimetria.

FOLK e WARD (op. cit.) sugeriram uma modificação nas duas fórmulas de assimetria, propostas por INMAN (1952), combinando-as em uma única fórmula, que é a seguinte:

$$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\,\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\,\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Os limites matemáticos desta fórmula são + 1,0 e - 1,0, mas poucas curvas possuem graus de assimetria superiores a + 0,8 e - 0,8. Se os resultados forem positivos a amostra possuirá uma cauda de material mais fino; se os resultados forem negativos, a cauda estará do lado dos materiais mais grosseiros. As assimetrias são pequenas, quando duas modas presentes em uma amostra são aproximadamente iguais, ou quando existe uma únida moda, mas se uma moda for maior que a outra, o grau de assimetria aumentará e o tamanho relativo entre ambas modas irá determinar o sinal.

Os resultados encontrados para as amostras da Formação Bauru podem ser convenientemente discutidos usando-se a escala qualitativa sugerida por FOLK e WARD (op. cit.):

Sk_I entre - 1,00 e - 0,30 = assimetria muito negativa
- 0,30 e - 0,10 = assimetria negativa
- 0,10 e + 0,10 = aproximadamente simétrica
+ 0,10 e + 0,30 = assimetria positiva
Sk_I entre + 0,30 e + 1,00 = assimetria muito positiva

Na Figura 33 pode-se ter uma visualização completa das variações dos valores de assimetria nas amostras analisadas, assim como da síntese dos resultados encontrados. Nota-se que as variações são maiores na região 1, sendo também a área onde no mínimo 6 amostras apresentam valores negativos, embora os valores comumente encontrados nas amostras da Formação Bauru sejam mais freqüentemente positivos. Pelo menos

82% das amostras apresentam assimetria muito positiva na região 1 em virtude de alta participação de fração clástica fina pior selecionada, constituindo abundante matriz de areniitos e conglomerados. Seguem-se-lhes amostras com assimetria positiva (11%), aproximadamente simétrica (3%), assimetria negativa (2%) e assimetria muito negativa (2%). Nas regiões 2 e 3 também a predominância maior é a das amostras com assimetria muito positiva, com 76 e 95%, respectivamente. Percebe-se que, entre os parâmetros até aqui vistos o grau de assimetria é o que apresenta maior diferença entre as 3 regiões em estudo. Portanto, no caso de conjunto total de 230 amostras também a seqüência de casos permanece a mesma, participando a classe de sedimentos com assimetria muito positiva com 84%.

1.5.4 - Curtose (K_G)

A curtose das amostras é uma medida estatística que retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de freqüência. A maior parte das medidas de curtose computa a razão entre as dispersões (espalhamento) na parte central e nas caudas das curvas de distribuição.

FOLK e WARD (op. cit) sugeriram um método de cálculo de curtose pela fórmula:

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44\ (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Nas curvas normais o valor de $K_G = 1,00$, porque a dispersão de $\phi_5 - \phi_{95}$ é exatamente 2,44 vezes a dispersão de $\phi_{25} - \phi_{75}$. Distribuições muito platicúrticas apresentam valores de K_G tão baixos que podem chegar a 0,6, enquanto que distribuições muito leptocúrticas, contendo caudas de sedimentos mais finos e mais grosseiros, podem apresentar valo

res de 1,5 a 3,0 ou até mais.

Para considerações descritivas das variações de curtose nas amostras de sedimentos da Formação Bauru pode-se usar a escala sugerida pelos autores (FOLK e WARD, op. cit.) que é a seguinte:

K_G menor que 0,67 = muito platicúrtica
0,67 a 0,90 = platicúrtica
0,90 a 1,11 = mesocúrtica
1,11 a 1,50 = leptocúrtica
1,50 a 3,00 = muito leptocúrtica
K_G maior que 3,00 = extremamente leptocúrtica

Os valores de curtose para as 141 amostras da região 1 foram extremamente variáveis ocorrendo uma freqüência de distribuição aproximadamente equitativa para as classes muito platicúrtica (23%), platicúrtica (23%), muito leptocúrtica (22%) e leptocúrtica (21%). Em seqüência surgem as amostras com distribuição mesocúrtica (9%) e finalmente extremamente leptocúrtica (2%) (Figura 33).

Para as regiões 2 e 3 ficou melhor caracterizada a classe mais freqüente no intervalo de curvas muito leptocúrticas com 84 e 66%, respectivamente. Assim, a curtose também sugere maior agudez de picos de curvas de distribuição granulométrica, indicativo de melhor seleção das partículas, nas regiões 2 e 3 do que na região 1.

Concordantemente com o trabalho de FOLK e WARD (op. cit.) não foi constatado nenhum caso de curtose com valor inferior a 0,50. O valor limite superior nos materiais granulares naturais que é 8,0, para os sedimentos extremamente bem selecionados, portanto com picos muito agudos, naturalmente não poderiam ser esperados nos sedimentos da Formação Bauru, conforme indicações previamente sugeridas pelo desvio padrão.

1.6 - *Método gráfico de SAHU*

1.6.1 - Generalidades

O método de tratamento estatístico desenvolvido por SAHU (1964) mostra muito bem as diferenças de energia e viscosidade e as suas relações com os ambientes de deposição de formações sedimentares.

O autor deste trabalho também teve a oportunidade de comprovar a eficiência deste método para a finalidade prevista, de determinação gráfica dos ambientes deposicionais, em vários trabalhos anteriores. Um dos casos mais espetaculares foi o da aplicação do processo para distinguir sedimentos extremamente bem selecionados da região Cananéia-Iguape (SP), resultantes do retrabalhamento da Formação Cananéia (Neocenozóico), que mostram tênues modificações texturais, quando passam para os vários subambientes atuais, mas já suficientes para apresentarem mudanças radicais de comportamento quando submetidos ao teste estatístico de SAHU (SUGUIO, 1971 e SUGUIO e PETRI, 1972). Recentemente esta eficiência do método foi demonstrada novamente na interpretação dos sedimentos atuais que constituem os subambientes atuais do delta do rio Doce, projeto na qual o autor teve a oportunidade de participar em todas as suas fases.

Anteriormente ARID (1972: 116) apresentou alguns resultados de aplicação do teste de SAHU ao estudo de sedimentos da Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo, tendo conseguido uma confirmação das conclusões prévias obtidas por outros processos.

Em resumo o método consiste na combinação dos parâmetros Mz, σ_I e K_G de FOLK e WARD (op. cit.), organizando-se assim um gráfico empírico, onde estão dispostas linhas de demarcação entre diversos ambientes de sedimentação, e indicações dos sentidos de aumento de fluidez e energia do meio de deposição. O desvio padrão da assimetria (Sk_I) mostrou reco

brimento nos vários ambientes e, portanto foi abandonado como fator não significativo para interpretação. Então, utilizando resultados de análises granulométricos de amostras de sedimentos atuais, de ambientes de sedimentação conhecidos, e empregando um teste estatístico chamado análise discriminatória multivariável, o autor experimentou várias combinações para os parâmetros Mz, σ_I e K_G, tendo encontrado a melhor discriminação entre os diferentes ambientes, assim como entre os diversos processos deposicionais, colocando-se os valores:

$$\{\sqrt{\bar{\sigma}_I^2}\} \times \{\frac{s(K_G)}{s(Mz)} \cdot s(\sigma_I^2)\}$$

em papel de gráfico bilogarítmico, lançando-se o primeiro em ordenada e o segundo em abcissa. Os significados dos parâmetros acima são:

$\sqrt{\bar{\sigma}_I^2}$ = média das variâncias de um conjunto n de amostras, sendo $n \geqslant 2$

$s(K_G)$ = desvio padrão dos valores de curtose deste mesmo conjunto de amostras

$s(Mz)$ = desvio padrão dos valores de diâmetros médios deste mesmo conjunto de amostras

$s(\sigma_I^2)$ = desvio padrão dos valores de variâncias deste mesmo conjunto de amostras.

Desta maneira o autor (SAHU) conseguiu estabelecer separações entre os seguintes ambientes: eólico e praial, praial e marinho raso, marinho raso e fluvial, fluvial e de correntes de turbidez.

O método é muito trabalhoso e têm sido organizados programas de computador para se calcular os valores das coordenadas de conjuntos de amostras de sedimentos, segundo fórmulas apresentadas acima, como por exemplo, o publicado por PARAGUASSU e outros (1971).

1.6.2 - Grupos de amostras e resultados

Foram organizados 23 grupos, abrangendo resultados de 199 amostras provenientes de todas as áreas consideradas neste trabalho, e estes grupos foram submetidos ao teste de SAHU.

Os grupos tiveram a seguinte composição:

GRUPO I:
Amostras 3 a 16 (SC-1) = 14 amostras

GRUPO II:
Amostras 17 a 35 (SC-2) = 19 amostras

GRUPO III:
Amostras 36 a 43 (SC-3) = 8 amostras

GRUPO IV:
Amostras 49 a 64 (SC-4) = 15 amostras

GRUPO V:
Amostras 65 a 74 (SC-5) = 10 amostras

GRUPO VI:
Amostras 75 a 77 (SC-6) = 3 amostras

GRUPO VII:
Amostras 78 a 83 (SC-7) = 5 amostras

GRUPO VIII:
Amostras 84 a 91 (SC-8) = 8 amostras.

GRUPO IX:
Amostras 94 a 102 (SC-9) = 9 amostras

GRUPO X:

Amostras 103 a 110 (SC-10) = 8 amostras

GRUPO XI:

Amostras 118 a 120 (SC-11) = 3 amostras

GRUPO XII:

Amostras 134 a 145 (SC-12) = 12 amostras

GRUPO XIII:

Amostras 183 a 187 (SC-15) = 5 amostras

GRUPO XIV:

Amostras 212 a 215 (SC-13) = 4 amostras

GRUPO XV:

Amostras 216 a 219 (SC-14) = 3 amostras

GRUPO XVI:

Amostras 276 a 278 (SC-16) = 3 amostras

GRUPO XVII:

Amostras 299 a 303 (SC-17) = 3 amostras

GRUPO XVIII:

Amostras 1, 161 e 165 = 3 amostras

GRUPO XIX:

Amostras 220, 221 e 222 = 3 amostras

GRUPO XX:

Amostras 232, 234, 236, 241, 243, 244, 246, 248 e 250 (área de Agudos) = 9 amostras

GRUPO XXI:

Amostras 251, 252, 253A, 254A, 254B, 255A, 255B, 256 e 258A (área de Duartina) = 8 amostras

GRUPO XXII:

Amostras 276 a 329 = 35 amostras

GRUPO XXIII:

Amostras 330 a 344 = 9 amostras

Dos grupos constituídos pelas amostras, conforme supra citado, XVIII e XIX pertencem provavelmente à Formação Uberaba, enquanto que os 21 grupos restantes são formados por amostras provenientes da Formação Bauru (Figura 34).

Os 21 grupos da Formação Bauru, compostos por 193 amostras, acusaram em sua grande maioria (pelo menos 18 grupos), ambiente nitidamente fluvial pelo teste de SAHU. Os 3 grupos que se afastaram ligeiramente da faixa de sedimentos fluviais são os de número III (amostras da SC-3), VI (amostras da SC-6) e XIV (amostras da SC-13), todos correspondentes a amostras coletadas na região de Uberaba.

Os 18 grupos de amostras que exibiram características nitidamente fluviais por este teste estatístico variam consideravelmente em sua energia e viscosidade. O grupo X apresenta-se sob condições de menor energia, sendo os grupos XV e XVI indicativos de condições mais energéticas. As condições de maior viscosidade são mostradas pelos grupos XII e XV, e as de menor viscosidade pelos grupos I e XIII. Outros pontos, que representam os grupos IV, V, VII, etc. situam-se entre os extremos acima especificados. A localização desse conjunto mais numeroso de pontos parece especificar algo sobre as condições, talvez predominantes, de deposição dos sedimentos da Formação Bauru, que corresponde aproximadamente à energia de ambiente praial porém de maior viscosidade.

Não foi possível reconhecer conjuntos de pontos que determinassem localização definida no gráfico, de acordo com proveniência geográfica. Os pontos se dispuseram mais ou menos misturados independentemente de suas procedências.

Por outro lado, os pontos correspondentes aos grupos XVIII e XIX, representando amostras provavelmente pertencentes à Formação Uberaba, não definiram adequadamente o seu ambiente de deposição, que deve ter sido fluvial ou flúvio-lacustre, e não de mar raso como foi indicado pelo teste de

SAHU. É bem provável que o número de amostras tenha sido insuficiente para caracterizar melhor o comportamento granulométrico dos sedimentos desta formação, quando submetidos a este tipo de teste.

2 - ESTUDO DE SEIXOS

2.1 - Generalidades

Sabe-se que a Formação Bauru possui, principalmente na sua parte basal, níveis conglomeráticos, que constituem a Fácies Itaqueri de FREITAS (op.cit.) no Estado de São Paulo e a Fácies Ponte Alta de BARBOSA e outros (op. cit.) no Estado de Minas Gerais (Município de Uberaba).

Particularmente na região de Uberaba estes níveis conglomeráticos são muito importantes, porque as camadas de calcário associam-se à parte basal da Formação Bauru,onde os conglomerados são especialmente desenvolvidos. Pode-se considerar mesmo, que haja uma passagem lateral de conglomerados para calcários arenosos impuros contendo seixos de vários tamanhos. Embora os conglomerados basais sejam os mais importantes na Formação Bauru da região de Uberaba, outros níveis conglomeráticos se fazem presentes em níveis superiores como pode ser observado nas seções colunares SC-1, SC-12, e outras localidades.

Além disso, o autor deste trabalho acredita que os níveis rudáceos da Formação Bauru sejam mais abundantes e contínuos na região de Uberaba, enquanto o mesmo não pode ser dito do Estado de São Paulo, onde eles aparecem muito mais escassamente.

Os seixos que constituem estas camadas rudáceas foram estudados no que diz respeito a sua litologia, que foi observada no campo, arredondamento, esfericidade e forma, estas medidas em laboratório. Pretende-se que este estudo seja apenas de simples complementação na tarefa de caracteriza

ção sedimentológica dos depósitos clásticos da Formação Bauru.

Os mesmos seixos foram utilizados no estudo de petrofábrica, quando as orientações dos eixos maiores dos seixos foram utilizadas como possíveis indicadoras de fluxo das correntes deposicionais.

O estudo de seixos, no que diz respeito à morfometria, foi desenvolvido nas amostras 62S, 106S, 119S, 218,263, 265, 266, 267, 270 e 272. Todas estas amostras, com exceção da 267, foram coletadas na Formação Bauru na área de Uberaba. A amostra 267 pertence a uma cascalheira, muito provavelmente de idade terciária (pós-Bauru ?), ligado ao rio das Velhas, na BR-262, cujos seixos tiveram a origem nos níveis conglomeráticos da Formação Bauru. Outras ocorrências de camadas rudáceas, aparentemente pertencentes à Formação Bauru, não foram estudadas porque a maioria se achava remobilizada, fora de sua situação original. Ocorrências nestas condições foram verificadas na Fazenda Cocais (próximo a Santa Cruz do Rio Pardo, SP), onde foi coletada a amostra 345 e no topo do chapadão entre Paranaíba e Cassilândia, MT.

2.2 - *Litologia*

A litologia predominante, conforme foi constatada durante os levantamentos de campo, é formada pelo quartzito, que no caso da cascalheira da amostra 267, chega a mais de 80%. Nas outras amostras a incidência de quartzito é menor, fazendo com que os seixos de quartzo participem mais substancialmente na composição dos conglomerados.

Exceto os seixos de quartzo e quartzito, que foram usados para os estudos de morfometria, materiais de outras naturezas litológicas foram observados, tais como: sílex (calcedônia), magmatito básico, calcário e folhelho (argilito). Destes, os seixos de quartzo, quartzito, sílex e magma

tito básico são, com certeza, derivados das formações sedimentares subjacentes e do embasamento basáltico e cristalino, enquanto que os fragmentos de calcários e as pelotas e bolas de argila (folhelhos e argilitos) são originários de sedimentos previamente depositados da própria Formação Bauru. Esta situação é nítida, pois os dois últimos tipos de seixos aparecem em conexão mais ou menos direta com a fonte, isto é, em horizontes superpostos ou nas adjacências mais ou menos imediatas de camadas de calcário ou argilito, respectivamente. Neste sentido, constituem os conglomerados intraformacionais.

A riqueza de variedades litológicas de seixos constatada por FREITAS (1955: 24-25) na sua amostra M-10 do Estado de São Paulo não foi verificada nas amostras rudáceas da região de Uberaba e do sul de Mato Grosso e Goiás. Este fato pode estar ligado à fonte de fornecimento dos seixos em cada região, pois na área de Uberaba a composição litológica dos mesmos parece indicar uma maior ligação com os quartzitos pré-cambrianos do Grupo Canastra e menor seria a participação de magmatitos básicos da Formação Serra Geral. Seixos litologicamente semelhantes aos arenitos da Formação Botucatu, embora bem mais raros, foram observados.

2.3 - *Morfometria*

De acordo com SAMES (1966) há somente alguns tipos litológicos de seixos que se prestam para pesquisas morfométricas: são aqueles de constituição litológica isótropa e alta resistência ao intemperismo, tais como o sílex, quartzo e quartzito.

Uma descrição da forma geométrica de partículas sedimentares envolve normalmente vários conceitos relacionados. De um lado têm-se os fatores de forma, que dependem dos comprimentos dos eixos principais perpendiculares entre si, e de outro, a angularidade ou arredondamento das partículas. Os dois conceitos são importantes nos estudos de sedimentos, ca

da um com o seu próprio significado. A forma ou as relações de comprimento de eixos controlam parcialmente os comportamentos dos seixos durante o transporte e deposição, enquanto que o arredondamento ou angularidade refletem a distância e o rigor de atuação do agente transportador.

Entre os seixos de quartzo e quartzito, submetidos ao estudo morfométrico, foram eliminados os seguintes: a) todas as partículas com fratura fresca distinta, e b) todas as partículas, que sob observação cuidadosa, mostraram acentuadas heterogeneidades físicas ou litológicas.

Tomando-se seixos de quartzo e quartzito, com tamanhos variando desde menos de 1,5 cm até quase 10,0 cm de diâmetro maior, foram feitos os estudos morfométricos. Para obtenção de resultados estatisticamente válidos procurou-se medir 100 seixos por amostra, o que foi feito em 7 das 10 amostras. O número mínimo de 50 medidas por amostra, mostrou,no entanto, ser este número já representativo do padrão geral, já que forneceu resultados similares às amostras com 100 seixos.

2.3.1 - Esfericidade e forma

Os valores de esfericidade e as características de forma dos seixos foram avaliados utilizando-se as tabelas desenvolvidas por CATACOSINOS (1965). Estas tabelas são derivadas do método de interseção de KRUMBEIN (1941) e da classificação de formas dos seixos de ZINGG (1935).

Segundo o autor das citadas tabelas, estas apresentam uma série de vantagens sobre os métodos de interseção,anteriormente adotados, que podem ser resumidos nos seguintes itens: a) elas permitem uma rápida determinação de forma e esfericidade; b) elas eliminam erros que naturalmente caracterizam os métodos gráficos; c) elas permitem uma rápida confirmação dos resultados, e d) elas fornecem, em virtude de

sua precisão, dados mais padronizados.

Na Figura 35 tem-se os histogramas de graus de esfericidade dos seixos. Verifica-se que, quando agrupados em classes com intervalos de 0,10, os valores de esfericidade se distribuem por número relativamente pequenos de classes, pois nunca ultrapassam 6, sendo mais comuns casos com 5 classes e chegando a 4 na amostra 270. Nota-se também, que em 7 das 10 amostras a classe modal situa-se no intervalo 0,70 a 0,80. E, em 3 casos, embora aquela classe seja ainda a segunda em importância, a classe modal passa para o intervalo 0,60 a 0,70. Assim, não obstante a contribuição maciça do quartzito na composição litológica dos seixos, o que poderia sugerir maior presença de seixos pouco esféricos, parece que tal não se verifica nos seixos dos conglomerados da Formação Bauru na região de Uberaba.

As formas dos seixos foram também obtidas das tabelas de CATACOSINOS (op. cit.), durante a computação dos graus de esfericidade. São considerados quatro tipos de formas de seixos: esféricos, discóides, alongados e lamelares. Estas quatro formas correspondem a aquelas estabelecidas por ZINGG (op. cit.), conforme as relações entre os diâmetros: maior, intermediário e menor, perpendiculares entre si. Na Figura 36 estão representados os diagramas circulares, onde estão lançadas as freqüências relativas porcentuais das quatro formas dos seixos. Em geral verifica-se a seguinte sucessão: esféricos, discóides, alongados e lamelares. A classe lamelar é a menos freqüente em todas as amostras, e o tipo alongado sobressai bastante nas amostras 266 e 270, enquanto que a forma esférica destaca-se como a mais freqüente em praticamente todas as amostras.

2.3.2 - Arredondamento

Os graus de arredondamento dos seixos foram determinados por comparação visual com tabelas padrões usando-se pa

ra tal a carta de KRUMBEIN (1941). Com este propósito foi usado o mesmo material da determinação de esfericidade e forma das partículas.

Na Figura 37 estão representadas as distribuições porcentuais dos valores de graus de arredondamento de seixos de níveis conglomeráticos da Formação Bauru nos arredores de Uberaba. Os números de determinações por amostra foram os mesmos das medidas de esfericidade e forma.

Os valores de graus de arredondamento dos seixos estão mais amplamente distribuídos do que no caso da esfericidade, pois tomando-se também intervalos iguais de 0,10 em cada uma das classes, uma boa parte das amostras exibe graus de arredondamento variando desde a classe 0,20 a 0,30 até 0,80 a 0,90, abrangendo 7 classes. Este fato poderia ser reflexo de mais de uma fonte fornecedora de materiais detríticos.

Se forem utilizados os conceitos de PETTIJOHN (1957) para caracterização descritiva dos graus de arredondamento ter-se-ia os valores de arredondamento dos seixos da Formação Bauru situados principalmente entre os intervalos "arredondados" e "bem arredondados". Isto porque as classes mais freqüentes situam-se entre 0,40 a 0,90, e a moda, na maior parte das amostras, situa-se entre 0,50 a 0,60, que seria abrangido pela classe de seixos chamados "arredondados". Em algumas amostras (106S, 263 e 265, por exemplo) foram substancialmente altas as participações de seixos com graus de arredondamento entre 0,20 a 0,30, ou sejam de seixos dos tipos "subangular" ou "subarredondado", segundo o autor supra referido.

2.4 - *Conclusões*

O presente estudo de seixos, embora resumido, combinado com alguns dados fornecidos por autores prévios como

FREITAS (1955), permite que sejam estabelecidas algumas generalizações suficientemente válidas para o estádio atual dos conhecimentos:

a) A litologia dos seixos das camadas conglomeráticas, tanto das Fácies Itaqueri e Ponte Alta, como de alguns níveis superpostos àquelas fácies, varia de local para local, conforme a natureza litológica da fonte predominante (embasamento cristalino ou rochas anteriormente depositadas da bacia do Paraná, ou ainda magmatitos básicos).

b) A natureza litológica dos seixos determinando,em grande parte, a forma e a esfericidade final, faz com que talvez seja lícito esperar seixos mais esféricos no Estado de São Paulo do que na região de Uberaba, pois nesta região a contribuição de quartzitos, rochas que fornecem mais comumente seixos menos esféricos, foi aparentemente maior.

c) Os graus de arredondamento, em geral, mostram valores suficientemente altos que permitem supor a existência de materiais bastante retrabalhados, talvez ligado à drenagem pré-Bauru, que foram depositados na fase de sedimentação da Formação Bauru, juntamente com os materiais fornecidos mais diretamente das fontes primárias. Por outro lado, as outras características sedimentológicas desta formação na área de Uberaba sugerem que a região se trate de parte marginal da "bacia sedimentar da Formação Bauru".

3 - ESTRUTURAS SEDIMENTARES

Os autores que têm descrito com certo detalhe as estruturas sedimentares presentes na Formação Bauru, no Estado de São Paulo, são FREITAS (1955: 132-136) e ARID (1967: 63--78 e 1973), mas as primeiras observações dessa natureza já constam do trabalho de MORAES REGO (1935: 235).

FREITAS (op. cit.) reconheceu e descreveu sucinta

mente as seguintes estruturas sedimentares: maciça, gradual, lâmina (inclinada, paralela, cruzada e horizontal), desliza mento, estrutura deltáica (estratificação cruzada ?).

ARID (op. cit.) efetuou uma descrição algo mais de talhada das seguintes estruturas: laminação (horizontal, in clinada, cruzada e convoluta), marcas onduladas, diastemas, estruturas de escavação e preenchimento e conglomerados de seixos de argilitos.

De um modo geral, sem entrar nos detalhes de algu mas diferenças de nomenclatura e classificação, estas estru turas reconhecidas pelos autores prévios são mais caracterís ticas de sedimentos fluviais.

As estruturas sedimentares da Formação Bauru no Es tado de São Paulo, já tratadas pelos autores prévios, não se rão aqui descritas em detalhe. No entanto, foi verificado durante os trabalhos de campo, que certos locais do Triângu lo Mineiro apresentam, algumas vezes, estruturas sedimentares em profusão, aparecendo mesmo algumas não referidas anterior mente. Então, todas as estruturas serão relacionadas, com maior preocupação em detalhar as feições não encontradas por autores prévios.

Considerando-se o tempo de sua formação em relação à rocha na qual elas são encontradas as estruturas sedimenta res podem ser distinguidas em singenéticas ou primárias e epigenéticas ou secundárias. As primeiras são formadas du rante a deposição, ou pouco tempo após a sedimentação. As epigenéticas são originadas muito tempo após a sedimentação. Além deste critério de tempo de formação, pode-se considerar a situação das estruturas em relação aos corpos litológicos. Por último, pode-se adotar o critério baseado na origem, sen do possível reconhecer as estruturas físicas, químicas e or gânicas (SUGUIO, 1973).

Em geral, é muito difícil abranger toda a gama de

variações de tipos de estruturas sedimentares com base apenas em um critério, então o que se faz normalmente é uma combinação dos critérios acima. Deste modo podem ser registrados os seguintes tipos de estruturas sedimentares na Formação Bauru:

3.1 - Principalmente singenéticas:

3.1.1 - Tamanho e forma dos corpos rochosos

Estas propriedades singenéticas são principalmente físicas e caracterizam externamente os corpos rochosos.

As principais litofácies presentes na Formação Bauru são aquelas em que predominam os membros conglomeráticos, calcários, arenosos e argilosos. As espessuras são extremamente variáveis, e são verificadas desde milímetros até centímetros a alguns metros, podendo ser visualizadas nas seções colunares (Figuras 7 a 11 e 13 a 25). Os corpos rochosos possuem, em geral, pequena extensão lateral (algumas dezenas de metros), e se interdigitam horizontalmente. Disso resulta uma forma lenticular característica para os corpos rochosos da formação. Embora talvez não chegue a constituir uma regra, parece que os termos detríticos mais grosseiros tem uma maior tendência para a lenticularidade do que os mais finos.

A passagem de uma litologia para outra, tanto no sentido horizontal, como vertical, ocorre por intermédio de variações texturais. As observações de afloramentos indicam que os arenitos variam de termos texturais muito finos, com laminação ou maciços, para arenitos grosseiros e conglomeráticos, até conglomerados, e nestes casos mostram freqüentemente estratificações cruzadas, principalmente na área de Uberaba. De igual modo ocorre a passagem de arenitos para clásticos mais finos, tais como, siltitos e argilitos, estes comumente com estrutura maciça. São freqüentes as variações de cores, mas nem sempre as variações de cores correspondem

a variações litológicas.

Estas características, ligadas ao comportamento espacial dos litossomas, têm sido estudadas na região de São José do Rio Preto (SP) por ARID (1973).

3.1.2 - Marcas onduladas

Nas áreas percorridas durante o levantamento para o presente trabalho, a sua presença não foi constatada. No entanto, ARID (1967: 74) menciona a sua ocorrência no km 209 da FEPASA (antiga Estrada de Ferro Araraquarense), no município de São José do Rio Preto. Segundo o autor, estas marcas são do tipo assimétrico e ocorrem em arenito muito fino, micáceo, que passa lateralmente a arenitos com textura mais grosseira com estratificações cruzadas, e para cima, para sedimentos argilosos e sílticos.

3.1.3 - Estratificação

Como regra, os sedimentos da Formação Bauru não mostram estratificações muito pronunciadas. Parece que este fato é verdadeiro, tanto nos termos detríticos, isto é, conglomerados, arenitos e argilitos como nos calcários. Talvez o fenômeno seja devido a uma completa mistura dos termos texturais, em vários graus, de modo que dificilmente são encontrados arenitos puros ou argilitos puros, ocasionando com isso uma passagem mais gradual entre as litofácies.

Em alguns locais, diferentes tipos de estratificações se mostram de maneira mais representativa, e assim podem ser reconhecidos os seguintes tipos: estratificações plano-paralelas horizontais, estrutura maciça, estratificação gradacional e estratificação cruzada.

a) Estratificação plano-paralela horizontal - Na realidade muito dificilmente estas estratificações chegam a ser plano-paralelas e também raramente são perfeitamente horizontais, e este fato deve-se a lenticularidade dos litosso

mas, principalmente dos membros litológicos de granulação mais grosseira. A estratificação plano-paralela horizontal parece ser uma feição pouco peculiar da Formação Bauru, pelo menos na área percorrida pelo autor durante os trabalhos de campo.

Laminações horizontais, embora referidas como estruturas freqüentes, de acordo com ARID (1967: 66), nas regiões do Triângulo Mineiro e Mato Grosso-Goiás, que certamente correspondem a áreas mais marginais da bacia do Alto Paraná, não se mostraram abundantes, com exceção de alguns níveis do afloramento da Serra da Galga na BR-050, anteriormente referido. Neste local, os arenitos finos e argilosos, intercalados no meio de lentes de conglomerados e arenitos conglomeráticos, freqüentemente exibem laminação. Tal fato foi também observado em alguns níveis do local da SC-1 (BR-262).

b) Estrutura maciça - A estrutura maciça, pelo menos dentro dos bancos de arenito, e mais raramente em argilito (somente quando mais puro), parece ser uma feição bastante característica da formação. Nestes casos, não são visíveis quaisquer estratificações ou laminações em exame rápido de campo, o que lhes confere uma completa continuidade física dentro dos corpos litológicos.

A estrutura maciça aparece indiferentemente dentro dos corpos de arenitos, siltitos e argilitos, e também bancos de calcários arenosos, estes mais freqüentes no Triângulo Mineiro.

c) Estratificação gradacional - Dentro dos bancos mais espessos, principalmente em sedimentos arenososo ou conglomeráticos, pode-se notar uma incipiente gradação da granulação, com membros texturais cada vez mais finos rumo topo, sendo interrompidos pelo início de nova seqüência grosseira.

Em geral esta gradação não é muito nítida, com exceção dos casos em que na parte basal da seqüência se fazem

presentes termos conglomeráticos. Os termos conglomeráticos podem ser constituídos de seixos de quartzo e quartzito, que são os seixos mais comuns, ou de bolas e pelotas de argila como na Foto 8.

Parece que na maior parte dos casos de estratificação gradacional da Formação Bauru tem-se o tipo B de KSIAZKIEWICZ (1954: in DZULYNSKI E WALTON, 1965), em que a gradação é lenta e a separação entre os termos granulométricos muito pobre, o que sugere meio de sedimentação muito viscoso, que não permitiu uma separação melhor das partículas segundo os seus diferentes diâmetros.

O contato superior de passagem de termos conglomeráticos e/ou arenosos para materiais mais finos é, em geral, transicional, mas o contato superior de camadas argilosas e sílticas com material mais grosseiro é comumente brusco.

Outros tipos de gradação, como o tipo E do autor supra mencionado, em que existe gradação recorrente ou múltipla, podem ser encontrados em camadas mais espessas da formação.

FREITAS (1955: 133) também havia reconhecido a existência de gradação, que pode ser acusada somente pelos resultados de análises granulométricas, na maior parte dos casos, porque visualmente não se percebe qualquer descontinuidade física dentro da maioria dos bancos de sedimentos.

d) Estratificação cruzada - As estratificações cruzadas são definidas por McKEE e WEIR (1953) como estruturas resultantes do arranjo espacial de camadas depositadas em um ou mais ângulos em relação ao mergulho original da formação.

Embora não seja uma estrutura sedimentar muito freqüente na Formação Bauru, e se apresente somente em amplitude geográfica restrita, ela se acha descrita no Estado de São Paulo, tanto por FREITAS (op. cit.) como por ARID (op. cit.).

No Triângulo Mineiro, principalmente na área de Uberaba, estas estruturas mostram-se mais conspícuas, principalmente em um corte da rodovia BR-050 cerca de 29 km a partir de Uberaba, rumo Uberlândia. Este local, que corresponde à continuação para oeste da Serra de Ponte Alta, é denominado de Serra da Galga. Os leitos com estratificações cruzadas aparecem em vários níveis, com forma lenticular,constituídos de arenito conglomerático. Os seixos acompanham as camadas frontais das estratificações cruzadas e o fato de maiores seixos se encontrarem mais no topo das camadas frontais é indicativo de que se tratem realmente de camadas frontais. As estratificações cruzadas presentes são tanto do tipo acanalado, como do tipo tabular. No local da SC-2 as estratificações cruzadas tabulares longas apresentam-se com as camadas frontais de 5 a 6 m de comprimento. Nos planos destas camadas aparecem muitas pelotas de argila (menos de 1 cm) e algumas bolas de argila (mais de 10 cm). (Foto 7.) Localmente, principalmente nos níveis de granulação mais fina, intercalados entre as lentes conglomeráticas areno-conglomeráticas, aparecem estratificações cruzadas menores (camadas frontais de 20 a 30 cm) do tipo acanalado tangencial. É interessante verificar que a orientação das camadas frontais do tipo tabular é bem constante, enquanto que nos níveis de estratificações cruzadas acanaladas tangenciais as orientações são mais erráticas (Figura 38).

Estratificações cruzadas com bolas e pelotas de argila nas camadas frontais, dispostas em seqüência gradacional com diminuição dos diâmetros das mesmas de baixo para cima, aparecem também próximo a Comendador Gomes (MG). Neste local as bolas de argila foram parcialmente eliminadas por lavagem pelas águas pluviais restando, em grande parte, somente os orifícios contendo restos de pelotas (Foto 8).

Na estrada nova de acesso BR-262 (Uberaba-Araxá) para a fábrica da CCPPA, cerca de 400 m antes da vila,observa-

-se em nível de arenito inferior às lentes de calcário (em média 22 m mais baixo) a ocorrência de estratificações cruzadas acanaladas tangenciais, com seixos ao longo das camadas frontais (Figura 39). Em virtude de sua situação em relação às lentes de calcário é possível que estas estratificações cruzadas pertençam à Formação Uberaba, sotoposta à Formação Bauru. As co-seqüências apresentam espessuras de 2 a 3m, constituídas de camadas frontais de 0,50 a 1,00 m de comprimento, e aparecem em dois níveis separados entre si de 3 m de arenito maciço. Estas estratificações cruzadas aparecem em um espaço de 80 m ao longo do corte da estrada. A ocorrência aqui descrita aproxima-se mais do tipo denominado "laminação cruzada de marcas onduladas" ("ripple drift cross lamination"), descrito na Formação Bauru do Estado de São Paulo por ARID (1967: 71-72), embora as dimensões das primeiras sejam bem maiores do que aquelas normalmente encontradas, que são da ordem de centímetros ou no máximo decímetros.

Na estrada que vai do Canal de São Simão a Jataí (BR-364), ambas cidades do Estado de Goiás, a 83 km da primeira, em local afastado 2 a 3 km da estrada, aparecem estratificações cruzadas anteriormente não descritas na Formação Bauru. Em morro testemunho situado à direita da estrada aparecem estratos cruzados, cujas co-seqüências apresentam-se com camadas frontais de mais de 20 m de comprimento,com mais de 5 m de espessura. São do tipo tabular, não tangencial.

No Estado de São Paulo o autor encontrou uma ocorrência dessas estruturas na estrada Guarantã-Marília (SP-333), algumas centenas de metros (500 m) após a entrada da primeira cidade. Os arenitos são típicos da Formação Bauru, com intercalações de níveis argilosos. As estratificações cruzadas são do tipo tabular com comprimentos de camadas frontais de até 1,00 m, mas comumente com 0,50 a 0,60 m. Várias co-seqüências perfazem uma espessura total de 3 a 4 m, e afloram em corte de estrada por cerca de 200 m. Em quase todos

os locais surgem pelotas de argila ao longo das camadas frontais e as bolas de argila aparecem associadas aos níveis entre as co-seqüências. Localmente também aparecem estratificações cruzadas do tipo acanalado tangencial.

Ocorrências menos conspícuas são aquelas encontradas nos seguintes lugares: nível 6 da SC-1 (BR-262); 200 m ao norte da SC-2 (BR-050); base da SC-15 (BR-153); marco km 134 da BR-153 e finalmente a 21 km do Canal de São Simão, rumo Jataí, pela BR-364.

Em todas estas localidades foram efetuadas medidas estatísticas de atitude de camadas frontais para determinação dos sentidos de fluxo das paleocorrentes deposicionais.

3.1.4 - Fósseis

O conteúdo fossilífero das rochas sedimentares pode ser classificado como estrutura sedimentar, principalmente singenética, principalmente orgânica e interna.

Várias referências a restos fósseis da Formação Bauru são encontradas na literatura. VON IHERING descreveu o primeiro achado em 1909, tendo publicado os resultados de seus estudos no mesmo ano, onde reconheceu a presença de répteis e moluscos.

Depois têm sido encontrados restos de conchostráceos e ostracódios por MEZZALIRA (1959) no Município de Bebedouro (SP), enquanto que ARID e outros (1962) e MEZZALIRA (1966) noticiaram a ocorrência de gastrópodes fósseis em São José do Rio Preto e São Carlos, respectivamente.

PACHECO em 1913 assinalou a presença de Lepidotus sp. no Município de Colina (SP), e em 1963 ARID e VIZOTTO relataram sobre a ocorrência de escamas de peixes do tipo ganóide no Município de Ibirá (SP).

Restos de dinossauros saurisquianos (saurópodes e terópodes), crocodilianos e quelônios foram também descritos

por diversos autores. Sem dúvida os trabalhos mais importantes sobre a paleontologia de vertebrados da Formação Bauru devem ser atribuídos a PRICE (1945, 1950a, 1950b, 1953 e 1955), embora outros autores como OLIVEIRA ROXO (1936 e 1937) e mais recentemente ARID (1962, 1963, 1965 e 1966) tenham apresentado suas contribuições.

Deve-se a PETRI (1955) a descrição de uma espécie de alga, associada a escamas de peixes, que recebeu o nome de Chara barbosai Petri.

Todos os fósseis acima relacionados indicam uma biofácies continental, formada por animais que viviam em planícies de inundação, lagos, pântanos, etc. O mecanismo de inundações periódicas sepultava os restos orgânicos, a céu aberto, em zona de intensa oxidação.

Segundo ARID (1967: 109) a presença nesta fauna de um titanossaurídeo, correlacionados aos saurópodes semelhantes do Senoniano da Patagônia, levou à datação da formação como neocretácea, provavelmente senoniana.

Outro fato interessante relativo ao conteúdo fossilífero da Formação Bauru, principalmente na área de Peirópolis (Município de Uberaba, MG) é a freqüência de fósseis, tanto na Fácies Ponte Alta, como na Formação Uberaba, sendo mais freqüentemente encontrados acima das camadas de calcário conglomerático, em arenito carbonático imediatamente superposto da Formação Bauru.

3.2 - *Principalmente epigenéticas:*

3.2.1 - Natureza dos contatos

A natureza dos contatos de litossomas que constituem a Formação Bauru é, de modo geral, transicional quando a gradação para mais finos ocorre rumo ao topo das camadas, e sempre no início de um novo ciclo de sedimentação mais grosseira soem aparecer diastemas.

Os diastemas são discordâncias estratigráficas de pequena escala, e são de caráter local, envolvendo tempo geologicamente curto. Os diastemas podem ser tanto paralelos como angulares, mas a presença de diastemas angulares não implica em movimentos tectônicos. Diastemas angulares foram encontrados por SUGUIO na Formação São Paulo da bacia de Taubaté (1969). No caso da Formação Bauru os diastemas são freqüentemente associados a estruturas de escavação e preenchimento, constituindo muitas vezes a parte basal de lentes de arenitos conglomeráticos que englobam pelotas de argila e seixos de vários tipos litológicos e tamanhos diversos (Foto 9).

Segundo ARID (1973), não se observa uma ordem perfeitamente bem definida e regular na deposição dos termos texturais e estruturais, normalmente separados por diastemas, verifica-se uma repetição de pequenos ciclos sedimentares. Neste ciclo, em geral, um conglomerado basal está presente, que é sucedido por clásticos mais finos até argilitos no topo, quando entra em contato com o ciclo superposto.

A variação lateral dos tipos litológicos é também marcante, com diversificação textural mais ou menos gradual entre os termos clásticos, sem qualquer variação no seu conteúdo biológico.

Aparentemente são encontrados também alguns diastemas dentro dos bancos carbonáticos, freqüentemente acusados por diferenças de coloração de calcários em ambos lados de uma superfície mais ou menos irregular ou pela disposição preferencial de seixos de quartzo e quartzito em determinados níveis.

3.2.2 - Dobras e falhas adiastróficas

Estas feições são principalmente epigenéticas, físicas e externas. Sua presença não foi constatada durante os trabalhos de campo, mas tanto as falhas de testemunhos de

sondagem de Jales (SP) observadas por FREITAS 1955: 179), como aquelas vistas em testemunhos, de procedência geográfica desconhecida, de sondagens do IGG, do acervo da coleção didática do Laboratório de Sedimentologia do IGUSP, devem ser pequenas falhas e dobras adiastróficas.

É importante ressaltar que, embora a natureza das falhas e dobras em si possam ser de caráter adiastrófico, a causa principal de caráter regional pode ter origem tectônica, tais como aquelas microfalhas da Formação Botucatu descritas por FULFARO e outros (1971: 37) ou as falhas e dobras em sedimentos da Formação São Paulo na bacia de Taubaté, referidas por SUGUIO (1969: 78).

3.2.3 - Marcas de deformação

Estruturas sedimentares que assim podem ser designadas são principalmente de origem epigenética, física e localizam-se internamente aos corpos litológicos.

ARID (1973: 72) observou a sua ocorrência em algumas exposições, em forma de finas e diminutas dobras intraestratais, por vezes associadas a estruturas brechadas. Nestes casos, tanto as camadas superpostas como as sotopostas não exibem quaisquer perturbações.

FREITAS (1955: 136) referiu-se à presença de estruturas deslizantes adiastróficas, constituídas de pregueamento intraestratal causado por deslocamento por gravidade de material recém-depositado em planos suavemente inclinados, que pelas descrições das feições e da origem indicam tratar-se das mesmas estruturas referidas por ARID (op. cit.).

No corte da BR-050, no local denominado Serra da Galga, já anteriormente referido, o autor teve a oportunidade de observar estruturas de sobrecarga em forma de labaredas de chamas ("flame" do termo ingles), constituídas de leitos argilosos entre sedimentos arenosos. Talvez por um processo resultante do que se pode denominar de " espirramento"

de argilas recém-depositadas, por força de compressão de camadas arenosas superpostas, resultaram arenitos em intercalações irregulares de lâminas argilosas anastomosadas entre camadas mais arenosas (13º nível, de baixo para cima da SC-2). (Figuras 40 e 41.) Na mesma localidade, ao lado da SC-2, ocorre uma camada de argila fraturada, parcialmente apoiada sobre uma lente de calcário nodular, silicificado. Parece ser um fenômeno de compactação diferencial mais ou menos penecontemporâneo à sedimentação (Figura 42).

3.2.4 - Conglomerados e brechas intraformacionais

Estas estruturas são principalmente epigenéticas, físicas e localizam-se internamente aos corpos rochosos.

As pelotas e bolas de argila, que constituem os conglomerados e brechas intraformacionais, foram descritas pela primeira vez nos sedimentos da Formação Bauru no Estado de São Paulo por ARID (1973), quando este caracterizou o tipo litológico que denominou-o de "conglomerado de seixos de argilito".

Foi verificado que estas pelotas e bolas de argila constituem uma feição proeminente característica da Formação Bauru (Foto 9). São encontradas com formas angulares ou arredondadas, de tamanhos variados, em geral com fragmentos maiores associados a arenitos e conglomerados e até em calcários, ao passo que as pelotas associadas aos arenitos mais finos são de dimensões menores. Freqüentemente se associam a níveis conglomeráticos que acompanham as camadas frontais de estratificações cruzadas, como foi anteriormente referido. Às vezes são observadas laminações nas pelotas, fato que sugere derivação a partir de polígonos, resultantes de ressecação e gretação de camadas argilosas, englobadas após transporte por distâncias curtas, durante as fases torrenciais de transporte, que sucedem às fases tranqüilas.

As pelotas e bolas de argila podem ser derivadas,

tanto de camadas sotopostas, como de lentes argilosas correspondentes à sedimentação mais calma, em lagos esporádicos situados nas adjacências.

Quando os fragmentos constituintes são mais angulosos, caso mais freqüentemente observado em pelotas de argila, tem-se as brechas sedimentares intraformacionais. Em geral, à medida que os fragmentos argilosos adquirem maiores dimensões ocorre uma tendência de aceleração dos processos de arredondamento, tendo-se em conseqüência os conglomerados de bolas de argila, quando estas são incluídas em membros arenosos.

Estas estruturas constituem também uma feição muito freqüente da Formação Bauru e são encontradas, quase que sempre, em sedimentos de origem similar a aquela formação, embora de idades geológicas diferentes, tais como, na Formação São Paulo da Bacia de Taubaté e bacia de São Paulo, descritas por SUGUIO (1969) e SUGUIO e outros (1971), respectivamente.

3.2.5 - Concreções ou nódulos

As concreções são estruturas sedimentares singenéticas ou epigenéticas, químicas, seguindo os planos de estratificação ou situadas internamente aos corpos litológicos.

As formas das concreções são extremamente variáveis, podendo ser agrupadas em: a) esférica, discóide e elipsóide; b) cilíndrica e c) nodular e irregular.

No caso das concreções presentes na Formação Bauru tem-se principalmente o tipo nodular e irregular, e na sua composição entra essencialmente o carbonato de cálcio. Estas concreções de forma irregular acham-se, por vezes, unidas lateralmente ou separadas, adquirindo formas muito variadas, mas em geral predomina a forma irregular ligeiramente cilíndrica, cujos comprimentos variam de 5 a 10 cm, e os diâmetros de 2 a 3 cm, apresentando normalmente uma parte rombuda.

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
U. S. P.

As superfícies são relativamente irregulares e ásperas, de modo que não se destacam muito facilmente da encaixante, a não ser nos casos em que o arenito que as envolve esteja bastante intemperizado.

Observado ao microscópio não mostram qualquer estrutura interna demarcada, e não contém nenhum núcleo diferenciado. Os fragmentos detríticos arenosos acham-se dispersos irregularmente ou, às vezes, concentrados dentro das concreções.

É interessante observar que estas concreções ocorrem associadas a níveis argilosos, de margas, mais do que em arenitos mais puros. Além disso elas localizam-se em certos horizontes dentro da rocha encaixante ou espalhadas caoticamente. Outro fato interessante é o problema de sua distribuição geográfica, isto é, praticamente não aparecem na região do Triângulo Mineiro (área de Uberaba), enquanto que, onde as camadas de calcário são mais raras, como no Estado de São Paulo e em Mato Grosso as concreções se acham mais acentuadamente presentes. Esta ligação entre as concreções e as camadas de calcário parece indicar que, onde as concreções estão presentes, a quantidade de carbonato de cálcio presente em solução não foi suficiente para formar camadas contínuas. Fato similar foi observado pelo autor na Formação Piauí (Carbonífero Superior da bacia do Parnaíba), na localidade denominada Inflamável, margem esquerda do rio Tocantins em Marabá (PA), onde o calcário presente se acha freqüentemente em forma de concreções esféricas dentro da marga.

Mesmo quando ocorrem camadas contínuas de calcário a textura geral da superfície dos fragmentos desta rocha apresenta, quase sempre, um aspecto nodular lembrando um soldamento entre si de várias concreções.

Quanto a sua origem, singenética ou epigenética, evidências tênues encontradas sugerem a sua inclusão entre as

estruturas sedimentares singenéticas.

4 - PALEOCORRENTES DEPOSICIONAIS

Estudos anteriores de paleocorrentes deposicionais dos sedimentos da Formação Bauru tinham sido realizados na região norte-ocidental do Estado de São Paulo por ARID (1967: 106). O autor baseou os seus estudos nas medidas de camadas frontais de estratificações cruzadas de cinco locais, encontrando nessa área um sentido predominante dirigido para SSW e W. Esta é a única referência específica até hoje existente em relação ao problema da orientação das paleocorrentes que teriam prevalecido durante a sedimentação da Formação Bauru.

Durante os levantamentos de campo efetuados para a realização deste trabalho foram medidos dois elementos vetoriais, que podem ser usados para a definição das paleocorrentes:

a) Atitude de camadas frontais de estratificações cruzadas.

b) Sentido de mergulho do eixo maior de seixos de níveis conglomeráticos.

4.1 - Estratificações cruzadas

As estratificações cruzadas são feições mais comumente usadas para a definição de paleocorrentes de sedimentos detríticos. O sentido de mergulho das camadas frontais indicaria o rumo de fluxo das paleocorrentes.

Estudos integrados realizados por vários autores (McDOWELL, 1957; PELLETIER, 1957; PRYOR, 1960 e outros) fornecem importantes subsídios que suportam a hipótese, segundo a qual as estratificações cruzadas em arenitos de ambientes predominantemente fluviais e deltáicos, se forem medidas em uma área suficientemente extensa e em número repre

sentativo, fornecem resultados que sugerem precisamente o paleodeclive regional.

Embora as camadas frontais sejam as mais comumente verificadas nos registros geológicos, casos há em que os estratos cruzados presentes correspondem às camadas posteriores ("backset beds"). A distinção pode ser feita pelos critérios sugeridos por POWER JR. (1961), já utilizados por SUGUIO (1969), ao estudar os sedimentos da Formação São Paulo na bacia de Taubaté.

No caso específico da Formação Bauru foi também verificado que as estratificações cruzadas encontradas correspondem a camadas frontais, já que a granulação ao longo dos leitos inclinados, é em geral, mais grosseira na parte superior da co-seqüência.

O autor acredita que somente esta estrutura seja suficiente para definição do problema, já que pela própria gênese, a bacia de deposição da Formação Bauru deveria ser do tipo ovalado simétrico. Então, na borda norte que abrange atualmente os Estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, se os limites atuais correspondem aproximadamente à margem deposicional, as paleocorrentes predominantes devem ter fluido para os quadrantes SE ou SW.

4.1.1 - Medidas de campo

Foram efetuados nove conjuntos de medidas de estratificações cruzadas, abrangendo um total de 331 medidas, distribuídas por 7 localidades geográficas diferentes.

Um plano prévio de levantamento não pode ser estabelecido, principalmente em virtude de sua relativa escassez. Desse modo, as medidas estiveram sujeitas à disponibilidade de afloramentos com estas estruturas. Freqüentemente, embora as estruturas estivessem presentes, não foi possível obter em uma localidade, número suficiente de medidas que representasse um valor final estatisticamente válido.

A relativa escassez de estratificações cruzadas nestes sedimentos também não permitiu que maior número de medidas fossem efetuadas. No entanto, quando possível, procurou-se obter no mínimo 30 medidas por conjunto, embora nem sempre isto tenha sido possível. Em locais com abundantes estratificações cruzadas, como na Serra da Galga (BR-050), foram conseguidas até 100 medidas para o conjunto daquele sítio.

Para realizar estas medidas no campo a bússola tipo Brunton é inadequada, porque os sedimentos sendo freqüentemente pouco coerentes, e as camadas frontais pouco nítidas, muito raramente podem ser isoladas camadas frontais planas sem perturbação de suas atitudes. A fim contornar estas dificuldades foi usado o aparelho idealizado por BIGARELLA e SALAMUNI (1958: 41-43), que consiste em uma bússola adaptada a uma placa metálica não magnética, com um conjunto de estiletes móveis, de comprimentos e orientações variáveis. As extremidades ponteagudas dos estiletes podem ser convenientemente aplicadas em três pontos diferentes e não alinhados ao longo da linha de interseção entre o plano da camada em medição e o plano da superfície do afloramento que secciona o primeiro mais ou menos transversalmente. Este equipamento é baseado no princípio geométrico de definição de um plano por intermédio de três pontos não alinhados, que estarão contidos no plano assim determinado.

As 331 medidas obtidas no campo foram conseguidas nas seguintes localidades:

a) 40 medidas na camada 6, da base para o topo do corte, da seção colunar SC-1 (BR-262; Município de Uberaba, MG).

b) 30 medidas no arenito abaixo das lentes calcárias da rodovia de acesso BR-262 à fábrica da CCPPA (Ponte Alta, Município de Uberaba, MG).

c) 50 medidas no arenito da camada 2, da base para o topo, da seção colunar SC-2 (BR-050; Município de Uberaba, MG).

d) 100 medidas no arenito da camada 3, da base para o topo, da seção colunar SC-3 (BR-050; Uberaba, MG).

e) 50 medidas na margem da estrada, 200 m além do local da SC-2 (BR-050, Município de Uberaba, MG).

f) 10 medidas na parte basal da seção colunar SC-15 (marco Km 58 da BR-153; Município de Frutal, MG).

g) 10 medidas no corte da rodovia BR-153 (marco km 134; Município de Prata, MG).

h) 10 medidas em um morro testemunho de sedimentos da Formação Bauru na estrada de Canal de São Simão para Jataí (BR-364; 21 km de Canal de São Simão, GO).

i) 31 medidas em corte da rodovia próximo a Guarantã (SP-333; Município de Guarantã, SP).

4.1.2 - Representação gráfica e tratamento estatísco

As estratificações cruzadas, apesar de pouco freqüentes na Formação Bauru, principalmente no Estado de São Paulo, na área de Uberaba chegam a apresentar-se com distribuição razoável. Desta maneira é uma das melhores estruturas sedimentares singenéticas que se prestam à definição do problema do sentido de transporte dos sedimentos.

A relação entre as estratificações cruzadas ou qualquer outra estrutura vetorial e o declive inicial é, no entanto, bastante importante para a interpretação regional. Com essa idéia em mente é que se efetuou um estudo concomitante de petrofábrica dos seixos de níveis conglomeráticos, quase sempre em locais e níveis não coincidentes entre si.

Antes de se efetuar a representação gráfica dos da

dos brutos obtidos no campo foram realizadas correções devidas à declinação magnética, cujos valores foram de 15°W para a região de Uberaba, 13° W para o sul de Goiás e Mato Grosso e também 15° W para a região de Marília (SP), tendo por base o ano de 1972, quando as medidas de campo foram realizadas.

Depois foram realizados os cálculos de vetores médios para cada conjunto de medidas segundo o processo usado por PINCUS (1956). Os sentidos de mergulho das camadas frontais de estratificações cruzadas foram agrupados em classes de 10° (de 0 a 360°), tendo-se assim representadas as freqüências das medidas em histogramas circulares com intervalos de classes entre 5 a 15°, 15 a 25°, etc. e os pontos médios das classes respectivamente em 10°, 20°, etc. Aqui não serão discutidos os detalhes do processo porque o seu uso tem sido descrito em inúmeros trabalhos (REICHE, 1938; KRUMBEIN, 1939; PINCUS, 1953 e 1956; CURRAY, 1956; RUSNAK, 1957, e outros).

Em resumo o processo vetorial é baseado no fato de que cada orientação medida é tratada como um vetor unitário situado a um ângulo em relação a um sistema de coordenadas ortogonais. Para se determinar a orientação de um grupo de observações é necessário encontrar o vetor que é a soma dos vetores unitários observados. Este vetor-soma é caracterizado por um comprimento R (módulo do vetor, que deve ser no máximo correspondente ao valor total do número de medidas, quando todas as medidas possuem a mesma orientação), pela média dos módulos $\bar{a}$ (fator de consistência) e pelo ângulo $\bar{\alpha}$ (ângulo formado entre o vetor resultante e o sistema de eixos).

Os valores necessários de R, $\bar{\alpha}$ e $\bar{a}$ são encontrados pelas fórmulas:

$$\text{tang}\ \bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \text{sen}\ \alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} \cos\ \alpha_i}$$

$$R^2 = (\sum_{i=1}^{n} \text{sen}\ \alpha_i)^2 + (\sum_{i=1}^{n} \cos\ \alpha_i)^2$$

$$\bar{a} = R/n$$

Se os dados forem agrupados em classes e i denotar a abcissa do centro da classe, então os valores de cos α_i e sen α_i são multiplicados pelas correspondentes freqüências de medidas (f_i) dentro da classe, e os respectivos produtos são usados na somatória para se encontrar sucessivamente os valores dos fatores supra definidos.

A magnitude de $\bar{a}$ (fator de consistência) exprime a dispersão dos valores direcionais e, em princípio, torna-se possível, a partir dela julgar a intensidade da orientação. Esta será mais acentuada tanto mais o seu valor se aproximar da unidade, ou de 100 em termos porcentuais.

Para o caso das medidas efetuadas nas estratificações cruzadas da Formação Bauru foram obtidos os valores indicados nas Figuras 43A a 43J e na Tabela 2.

4.2 - Petrofábrica de seixos

Sob determinadas condições de deposição as partículas sedimentares detríticas ficam orientadas dentro das rochas sedimentares, como uma resposta ao sentido de fluxo das correntes de deposição. Os seixos fluviais, por exemplo, podem ficar com estrutura imbricada pela superposição sucessiva de seixos tendo os seus eixos maiores a mergular no sentido oposto ao do fluxo das correntes.

Métodos de medidas de orientação de partículas se

dimentares com dimensões de seixos foram descritos por KRUMBEIN (1939), KARLSTROM (1952) e HARRISON (1957).

4.2.1 - Coleta de amostras e medidas de campo

A orientação de um elemento de petrofábrica, por exemplo, de um seixo pode ser descrita em termos de dois ângulos. Um é a direção ou ângulo de azimute entre algum eixo do seixo e a direção norte, e o outro é a inclinação ou mergulho entre o eixo em questão e o plano horizontal.

No campo é muito difícil efetuar a medida direta da atitude, porque os seixos podem estar imersos parcial ou totalmente em matriz arenosa, dificultando não somente a medição mas também a própria visualização de qual seja a orientação do eixo maior dos mesmos. Então, em geral, o método compreende uma fase de campo para coleta e marcação de seixos por meio de traços de referência, que permitam depois reproduzir a orientação inicial, fase esta e sua medição que são realizadas já em laboratório. Para que possa ser feita a medida de atitude dos seixos, conforme a disposição original nos afloramentos, além dos seixos marcados coletados no campo, mede-se também a direção do plano de coleta (orientação da superfície do afloramento que contém os seixos). Detalhes sobre os procedimentos de campo e de laboratório são descritos em SUGUIO (1973).

Foram coletadas amostras de seixos para medida de petrofábrica em 7 afloramentos:

a) Amostra 263: coleta de 100 seixos em níveis conglomeráticos acima da pedreira nº2 da CCPPA (Ponte Alta, Município de Uberaga, MG).

b) Amostra 265: coleta de 98 seixos na estrada de acesso BR-262 à fábrica da CCPPA (local da SC-10, Ponta Alta; Município de Uberaba, MG).

c) Amostra 266: coleta de 100 seixos na rodovia

BR-262 no local da SC-1 (Município de Uberaba, MG).

d) Amostra 267: coleta de 100 seixos na rodovia BR-262 a 19 km da entrada de Ponta Alta (Município de Uberaba, MG).

e) Amostra 270: coleta de 100 seixos na BR-050 na base da SC-2 na rodovia BR-050 (Município de Uberaba, MG).

f) Amostra 272: coleta de 100 seixos na BR-050,100m após SC-4 (Município de Uberaba, MG).

g) Amostra 298: coleta de 100 seixos na rodovia SP--294, cerca de 5 km após a entrada de Fernão Dias (Município de Gália, SP).

Destas 7 localidades amostradas, 6 estão ligadas indubitavelmente aos níveis conglomeráticos da Formação Bauru, mas a amostra 267 representa nível de cascalheira mais recente (?) que a Formação Bauru, talvez pleistocênica, próxima à calha do rio das Velhas na BR-262.

4.2.2 - Medidas de laboratório, representação gráfica e tratamento estatístico

Os seixos amostrados, ao acaso, ao longo de superfícies verticais previamente escolhidas nos afloramentos, foram transportados para o laboratório.

Na fase de laboratório procurou-se reproduzir, da maneira mais fiel possível, a posição original do seixo no afloramento, usando-se para tal a técnica descrita por SUGUIO (1973).

Depois foram medidos os seguintes ângulos: rumo de mergulho do eixo maior e o valor do ângulo de mergulho em relação à horizontal.

Na representação gráfica e tratamento estatístico dos dados foram utilizadas as mesmas técnicas que aquelas usadas para as estratificações cruzadas.

Para o caso das medidas de orientação de seixos da Formação Bauru foram obtidos os valores indicados nas Figuras 44A a 44M e na Tabela 3.

4.3 - *Discussão dos resultados*

Os resultados das medidas de estratificações cruzadas foram bastante conclusivos, já que, número relativamente pequeno de medidas mostrou altos valores para o fator de consistência, e além disso, o vetor médio encontrado para 10 medidas não foi discrepante em relação a maior número de medidas no mesmo local (Tabela 2).

Somente nos casos de medidas efetuadas no 3º nível, de baixo para cima, da SC-2 (BR-050) e na SP-333 (Guarantã, SP) a consistência foi bastante baixa. Na primeira destas duas localidades, ao invés de 100, foi feito um tratamento adicional tomando-se 50 medidas alternadamente, e com isto a única conseqüência foi a de melhorar ligeiramente o fator de consistência, mas o rumo médio azimutal do mergulho das camadas frontais exibiu o mesmo ângulo, ou seja, 285^{o}(N75^{o}W).

As médias dos valores de ângulos de mergulhos das camadas frontais exibiram valores que variam de 12° a 22°. Os rumos médios de mergulhos de camadas frontais das 9 estações medidas, situaram-se no quadrante SW em 5 localidades, SE em 2 localidades e, finalmente NE em duas localidades.Exatamente nos locais onde os rumos médios indicaram quadrantes diferentes de SW ou SE os fatores de consistência apresentaram valores baixos e, portanto, os resultados são merecedores de menor crédito no que diz respeito à validade daquela indicação de orientação preferencial.

As atitudes assumidas pelas camadas frontais de estratificações cruzadas parecem sugerir que na área do Triângulo Mineiro e, possivelmente sul de Goiás, o sentido predominante das paleocorrentes deposicionais, por ocasião da sedimentação da Formação Bauru, era para sudoeste com varia

ções locais para SE.

Por outro lado, as medidas de paleocorrentes baseadas em petrofábrica de conglomerados não surtiram o efeito esperado. De um lado apresentaram sempre fatores de consistência muito baixos, o que deu margem a resultados duvidosos sobre a real validade dessas medições como indicadoras de paleocorrentes (Tabela 3). Por outro lado os sentidos correspondentes às possíveis paleocorrentes, indicadas pelo rumo predominante de mergulhos dos eixos maiores de seixos,mostraram resultados muito variáveis.

É importante frizar aqui, que como regra geral, ao utilizar-se a orientação de seixos para estudos de petrofábrica, admite-se que o mergulho médio dos eixos maiores de seixos ocorre no sentido oposto das paleocorrentes deposicionais. Isto equivale a dizer que, se o rumo médio dos ângulos de mergulhos de seixos em um depósito conglomerático for para o norte, as paleocorrentes deposicionais devem ter fluido predominantemente para o sul.

Na área de Uberaba, das 5 amostras de seixos de níveis conglomeráticos da Formação Bauru, apenas uma indicou sentido SE, quando todos os seixos da amostra foram considerados, mas quando menor número de observações foi considerado, passou a indicar rumo norte. Outras amostras coletadas da Formação Bauru na área de Uberaba indicaram os quadrantes NE ou NW como rumo médio de fluxo das paleocorrentes. A amostra 298, coletada no Estado de São Paulo, indicou quadrante SW. A amostra 267 também exibiu rumo geral para SE, que corresponde a sentido 180° oposto ao atual rio das Velhas, ao qual talvez pudessem ser correlacionados os seixos, que flui para NW. É interessante lembrar que os chamados depósitos de "point bar", caracteristicamente de natureza rudácea,associados a partes côncavas de meandros de rios, podem apresentar indicações de paleocorrentes que diferem muito do sentido geral das correntes deposicionais.

TABELA 2 - RESUMO DOS RESULTADOS DE MEDIDAS DE ESTRATIFICAÇÕES CRUZADAS

LOCALIDADE	Nº DE MEDIDAS	RUMO MÉDIO AZIMUTAL	FATOR DE CONSISTÊNCIA	MERGULHO MÉDIO
SC-1 (nível 6)	40	262° (WSW)	0,81	16°
Ponte Alta (MG)	30	150° (SE)	0,94	22°
SC-2 (nível 2)	50	224° (SW)	0,91	13°
SC-2 (nível 3)	100	285° (WNW)	0,25	14°
SC-2(*) (nível 3)	50	285° (WNW)	0,38	-
200 m ao N de SC-2	50	188° (SSW)	0,92	16°
Marco km 58 - BR-153 (Frutal)	10	245° (WSW)	0,98	17°
Marco km 134 - BR-153 (Prata)	10	196° (SSW)	0,93	22°
Canal do São Simão-Jataí (21 km de Canal)	10	160° (SSE)	0,94	15°
SP-333 Gurantã (SP)	31	62° (NE)	0,38	12°

Observação: (*) - Amostra recalculada com menor número de medidas.

TABELA 3 - RESUMO DOS RESULTADOS DE MEDIDAS DE PETROFÁBRICA DE CONGLOMERADOS

(ORIENTAÇÃO DE EIXO MAIOR DOS SEIXOS)

AMOSTRA	Nº DE MEDIDAS	RUMO MÉDIO DO EIXO	RUMO MÉDIO DA PALEOCORRENTE	FATOR DE CONSISTÊNCIA	MERGULHO MÉDIO
263	100	259° (WSW)	79° (ENE)	0,22	28°
263 (*)	30	263° (SW)	39° (NE)	0,31	26°
265	98	296° (NW)	116° (SE)	0,20	26°
265 (*)	30	180° (S)	0° (N)	0,16	27°
266	100	198° (SSW)	18° (NNE)	0,26	23°
266 (*)	50	235° (SW)	55° (NE)	0,28	24°
267	34	347° (NNW)	167° (SSE)	0,19	27°
270	100	155° (SSE)	335° (NNW)	0,24	15°
270 (*)	80	163° (SSE)	343° (NNW)	0,15	15°
272	100	69° (ENE)	249° (WSW)	0,11	28°
272 (*)	30	14° (NNE)	194° (SSW)	0,35	25°

Observação: (*) - Amostra recalculada com menor número de medidas.

Embora tenham sido feitas tentativas de melhoria do fator de consistência, tomando-se apenas parte das observações efetuadas em cada amostra, em geral, os rumos médios indicativos de paleocorrentes foram pouco modificados. Além disso, o fator de consistência, quando menor número de medidas foi considerado, se em três casos mostrou ligeiras melhorias, por três vezes mostrou também um decréscimo nos seus valores.

Os ângulos médios de mergulhos dos eixos maiores de seixos nas amostras variaram entre 15° a 28°, embora valores individuais extremos desde 2° até 60° tenham sido vistos.

Pelos resultados pode-se ver que as estratificações cruzadas, em virtude da alta consistência, mostraram valores concretos que devem sugerir o sentido real de fluxo das paleocorrentes, que na área do Triângulo Mineiro e sul de Goiás foram sugestivas do rumo sudoeste e subordinadamente sudeste.

Os resultados de petrofábrica de seixos, por um lado forneceram resultados pouco conclusivos como um critério útil para se chegar às paleocorrentes da Formação Bauru, em virtude da baixa consistência e discrepância quando comparados com os dados fornecidos pelas estratificações cruzadas. Por outro lado, a disposição bastante variável, quase caótica dos seixos, parece mostrar bem as condições de alta viscosidade e baixa energia cinética envolvidas nos processos deposicionais, fato que será discutido também em capítulos posteriores.

LANDIM (informações verbais) efetuando medidas de paleocorrentes da Formação Bauru, utilizando-se a petrofábrica de seixos, na área entre São Carlos e Descalvado (SP) também não encontrou resultados muito conclusivos sobre a questão.

5 - TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO

Sabe-se de há muito tempo que os sedimentos da Formação Bauru, além de apresentar localmente (regiões de Uberaba,

MG e Agudos, SP) calcários muito impuros, associam-se-lhes arenitos e outros sedimentos mais ou menos carbonáticos.

O carbonato de cálcio nos arenitos ocorre sob a forma de cimento carbonático, preenchendo os espaços entre os grãos de quartzo e a matriz argilosa, estas de natureza essencialmente detrítica. Embora tenham sido verificadas em alguns locais (área de Ponte Alta, MG) fragmentos de tamanho de seixos, constituídos de calcários, incluídos em camadas arenosas superpostas a leitos calcários, partículas clásticas arenosas ou sílticas com esta composição não puderam ser constatadas. Este fato parece denotar a sua natureza essencialmente química, já que os fragmentos maiores encontrados foram derivados do retrabalhamento local de camadas calcárias recém-sedimentadas, mas partículas menores se fossem encontradas poderiam indicar transporte por distâncias mais longas.

5.1 - *Objetivos e método de estudo*

O autor verificou que, a região do Triângulo Mineiro, onde foram mais concentrados os trabalhos de campo, teve o seu relevo fortemente controlado pela existência de camadas de calcário. Assim é que a borda do platô da Formação Bauru aparece formando escarpas de encostas mais ou menos abruptas, sustentada que se acha por camadas de calcário.

Além disso é interessante ter-se uma idéia das variações geográficas e estratigráficas do teor de carbonato de cálcio nas amostras de arenitos. Se estas variações definirem certos padrões de interesse podem relatar muita coisa acerca da cimentação carbonática e da própria sedimentação arenosa.

Para a determinação dos teores de carbonato de cálcio dos sedimentos arenosos, aqui estudados, foi utilizado um aparelho similar ao de CHITTICK (DREIMANIS, 1962), sem

correções para temperatura e pressão atmosférica. Nesse caso foi usado 1 grama de material moído. Algumas dezenas das mesmas amostras dosadas pelo processo acima foram também tratadas por outro método, pesando-se antes e depois de ataque com HCl concentrado, 50 gramas de amostra e, após isso, convertendo-se a perda ocorrida durante o ataque em porcentagem de peso. Comparando-se os resultados foi verificado que, mesmo sem as correções acima especificadas, o método é suficientemente preciso para uma determinação semi-quantitativa, a fim de se ter uma idéia geral de variação desta propriedade em diferentes localidades geográficas e níveis estratigráficos da Formação Bauru.

5.2 - *Resultados e discussões*

Foram submetidas ao processo um total de 235 amostras provenientes de diferentes localidades, coletadas em vários horizontes estratigráficos. Um resumo dos resultados encontrados está mostrado na Tabela 4.

Pela tabela verifica-se que maior número de amostras foi testado para a região de Uberaba, e que proporcionalmente, esta área acusou menor número de arenitos carbonáticos em relação ao seu total de amostras. Apenas 24 amostras em 146 acusaram a presença de $CaCO_3$, o que corresponde a cerca de 16% do total. Em outras áreas, embora os resultados sejam estatisticamente pouco significativos, pelo pequeno número de amostras examinadas, estas relações variam desde cerca de 30% até 100% das amostras examinadas. A última situação, correspondente à região de Duartina a SW do planalto Garça-Marília, é anômala pois em se tratando de região muito arrasada pela erosão, somente as partes mais resistentes (carbonatadas) resistiram ao intemperismo e erosão como afloramentos em cortes e leitos de estradas, onde estes arenitos foram amostrados.

De um modo geral a Tabela 4 mostra que uma média de 50 amostras carbonáticas em 100 coletadas deve ser esperada,

mas esta relação não se aplica à área de Uberaba, onde a freqüência parece ser bem menor.

FREITAS (1955: 77) estudando o teor de carbonato de cálcio de arenitos da Formação Bauru no Estado de São Paulo concluiu que existe maior número de rochas com cimento carbonático sobre o de rochas exclusivamente clásticas. Este autor examinou esta propriedade também em amostras de subsuperfície, o que não aconteceu no trabalho em pauta, onde somente amostras de afloramentos foram examinadas.

Outro fato observado durante as determinações aqui relatadas é que em seqüências de sedimentação de arenitos carbonáticos podem estar intercaladas camadas completamente destituídas de cimento carbonático. Este fenômeno é particularmente notório na área de Uberaba.

Em se tratando de cimento relativamente solúvel nas condições normais de intemperismo, por águas meteóricas, as rochas arenosas intensamente alteradas são quase sempre isentas de cimento carbonático. Aparentemente este é o caso das amostras coletadas nas seções colunares SC-4, SC-5, SC-6, SC-7 e SC-8, que foram praticamente todas não carbonáticas.

Fenômeno ligado à fácil solubilização e precipitação deste tipo de substância é a relativa freqüência de seixos e grânulos com crosta carbonática, contidos em camadas arenosas e conglomeráticas com cimento carbonático.

Principalmente no Estado de São Paulo, ao longo das seções geológicas SG-3 e SG-4, foram freqüentemente colhidas amostras de nódulos calcários de uma mesma camada e foi verificado que, muitas vezes, o arenito é completamente livre de cimento carbonático.

Para se verificar as possíveis relações entre as variações de teor de carbonato de cálcio nos arenitos e a configuração do relevo foram construídas as Figuras 45A e 45B, correspondentes às amostragens executadas ao longo da SG-3 e

TABELA 4 - RESULTADOS DE DETERMINAÇÃO DE TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO (% EM PESO) EM AMOSTRAS DE ROCHAS SEDIMENTARES CLÁSTICAS ASSOCIADAS AOS CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO BAURU

AREAS	AMOSTRAS DOSADAS	AMOSTRAS CARBONÁTICAS	TEOR MÍNIMO	TEOR MÉDIO	TEOR MÁXIMO
1	146	24	1%	24%	49%
2	11	5	5%	18%	33%
3	11	3	3%	27%	44%
4	5	4	1%	13%	34%
5	9	6	2%	6%	14%
6	9	9	5%	20%	46%
7	35	18	1%	8%	24%
8	9	5	2%	5%	8%

(1) - Região de Uberaba (MG)
(2) - Região oeste de Uberaba (Frutal, Prata, etc.)
(3) - Região sul de Goiás (Jataí, Rio Verde, etc.)
(4) - Região sul de Mato Grosso (Itajá, Cassilândia, etc.)
(5) - Região de Agudos (SP)
(6) - Região de Duartina (SP)
(7) - Região da SG-3 (SP)
(8) - Região da SG-4 (SP)

Observação: Os teores mínimo, médio e máximo referem-se apenas às amostras carbonáticas de cada região, excluídas as não carbonáticas.

SG-4 no Estado de São Paulo.

Pode-se observar que nas duas seções geológicas as variações de teores médios de $CaCO_3$ nos arenitos acompanham, a grosso modo proporcionalmente as ondulações do terreno; fenômeno este que parece demonstrar a existência de um controle efetivo do teor de carbonato de cálcio sobre a evolução geomorfológica em áreas de arenitos da Formação Bauru. As anomalias encontradas na SG-3 nos locais das amostras 291 e 311 podem corresponder a amostragem pouco representativa ou à existência de outros controles de maior resolução agindo localmente.

Na região de Uberaba é mais evidente, já pelas próprias observações de campo, o controle das camadas calcárias no modelado do relevo, como já foi anteriormente referido.

ALMEIDA e BARBOSA (1953) e FREITAS (1955)utilizaram o critério da cimentação para a subdivisão da Formação Bauru no Estado de São Paulo. No Triângulo Mineiro, HASUI (1969: 51) verificara que não se tem uma sucessão de camadas cimentadas superpostas a outra sem cimento. Mesmo no perfil da SG-3, entre Bauru e Herculândia, o fato de em dois locais (amostras 291 e 311) os teores de carbonato de cálcio não seguirem o relevo parece sugerir uma ausência de tais relações válidas como critérios estratigráficos. Além disso,como bem mencionou HASUI (1969: 51) o estádio atual de cimentação pode ser até atribuído a uma dissolução e reprecipitação epigenéticas, principalmente nas zonas mais superficiais.

6 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS CLÁSTICOS

FREITAS (1955: 79-90) e ARID (1967: 53-55) descreveram a composição mineralógica das frações leve e pesada dos minerais que constituem os sedimentos da Formação Bauru no Estado de São Paulo. Desses, o primeiro autor desenvolveu um estudo mais minucioso consubstanciado em dados de amos

tras de sondagens e de superfície.

Esses autores fizeram considerações sobre a composição da fração leve na qual entrariam quartzo, feldspato, minerais de argila e mica, e da fração pesada, da qual participariam mais de 15 espécies mineralógicas.

Segundo FREITAS (1964: 132) os minerais componentes dos sedimentos da Formação Bauru, no Estado de São Paulo, excluídos os termos rudáceos, são encontrados nas seguintes proporções:

Quartzo	- menos de 85%
Argilas	- menos de 70%
Calcita	- menos de 58%
Pesados	- menos de 2%
Feldspatos	- menos de 2%

É bem provável que no caso da inclusão dos sedimentos da área do Triângulo Mineiro ocorra um certo incremento na incidência da fração carbonática em virtude dos calcários de Ponte Alta, e também na fração argilosa em decorrência da natureza dos próprios arenitos da região de Uberaba, que são ricos em matriz argilosa do que os do Estado de São Paulo.No entanto, o autor acredita com base nas condições genéticas da Formação Bauru que, em termos absolutos, os outros componentes não sofram modificações muito importantes nas áreas do Triângulo Mineiro, Sul de Goiás e Mato Grosso em relação aos sedimentos do Estado de São Paulo.

6.1 - Minerais alotígenos

6.1.1 - Fração leve

Entre os minerais que compõem a fração leve dos alotígenos sobressai o quartzo que nunca ultrapassa 80-90%. Entre os fragmentos leves, também constituídos predominantemente por grãos de quartzo ocorrem, principalmente na área do Triângulo Mineiro, muitos fragmentos de quartzito, fato que

deve ser ligado à proximidade do embasamento cristalino de natureza quartzítica pertencente ao Grupo Canastra (Pré-cambriano).

A mica muscovita, que é um mineral com hábito placóide do tipo da maioria dos minerais de argila, é relativamente pouco freqüente nas frações visíveis macroscopicamente, mas ela foi identificada, embora em quantidade não muito grande, em quase todas as amostras examinadas quanto a composição em minerais de argila. Considerando-se a origem fluvial e flúvio-lacustre dos sedimentos da Formação Bauru, chega-se a estranhar a pequena freqüência da muscovita. O autor teve a oportunidade de constatar nos sedimentos atuais do delta do rio Doce (Espírito Santo),que os sedimentos fluviais principalmente os da planície de inundação e dos diques clásticos são muito ricos em muscovita e esta característica os distingue dos sedimentos marinhos da mesma área, que são praticamente isentos deste material. A pequena incidência da mica nos sedimentos da Formação Bauru pode ser de origem primária, isto é, a fonte desses sedimentos pode ter sido originariamente pobre neste mineral.

O feldspato ocorre em pequena proporção e o autor teve a oportunidade de identificar macroscopicamente durante as descrições de campo, e notar a presença de microclínio com geminação "em grade" e plagioclásio com geminação polissintética, típicas destes minerais, em posterior estudo microscópico.

6.1.2 - Fração pesada

FREITAS (1955: 87), examinando os minerais pesados da Formação Bauru no Estado de São Paulo, chegou à conclusão de que os seus sedimentos têm origem preponderante em rochas basálticas e subordinadamente em rochas metamórficas e ígneas ácidas do embasamento.

Além disso, a contribuição basáltica teria sido mais

ponderável e efetiva nas partes mais baixas e as do embasamento cristalino sofreu incremento rumo ao topo das seções estratigráficas. Estes fatos foram revelados pela diferença no conjunto mineralógico de pesados entre os sedimentos de afloramentos e os de sondagens. Isto evidencia que, no início, havia grandes superfícies de exposição de rochas basálticas, e com o avanço da sedimentação as camadas da Formação Bauru foram recobrindo as áreas de basaltos, fazendo com que a sua contribuição fosse sendo gradualmente reduzida.

a) Generalidades

Foram estudados, neste trabalho, somente as amostras coletadas fora do Estado de São Paulo, para que se tivesse alguns subsídios para confronto com os dados de FREITAS (1955).

O autor teve a oportunidade de verificar que a freqüência de minerais pesados em amostra bruta do arenito não ultrapassa a cifra de poucos porcentos. No entanto,como eles obedecem a uma eqüivalência hidráulica à textura dos leves, possuem naturalmente, em razão de seu maior peso específico, diâmetros menores do que os leves associados. Desse modo, embora a freqüência de minerais pesados na amostra bruta seja pequena, e talvez não ultrapasse mesmo a cifra admitida por FREITAS (1955: 132), de menos de 2%, eles assumem importância proeminente nas frações de areia fina (0,250-0,125 mm) e muito fina (0,125-0,062 mm).

Foi realizado um exame visual rápido de freqüência de minerais pesados nessas duas frações, tendo revelado uma média de 30% na fração 0,250-0,125 mm em 147 amostras examinadas, enquanto que a média de 152 amostras na fração 0,125-0,062 mm gira em torno de 45%. Em ambas frações chegaram a ser verificadas amostras cuja freqüência em pesados suplantava a dos minerais leves. Foi verificado, através de um imã de bolso, que uma boa porcentagem desses minerais pesados é constituída pela magnetita.

b) Identificação e freqüência dos tipos de pesados

Nas frações pesadas foi realizado um estudo de identificação e contagem de minerais pesados presentes para se ter uma idéia semi-quantitativa da freqüência de cada espécie. A separação desses minerais pesados da fração leve associada foi feita utilizando-se o bromofórmio. A identificação foi realizada em montagens executadas em lâminas petrográficas, tendo-se como meio de montagem o bálsamo do Canadá. Foram efetuadas identificação e contagem sistemática de 100 grãos/lâmina, tendo havido alguns casos (ambas frações granulométricas da amostra nº 136) em que foi permitido contar número menor de grãos, por insuficiência numérica.

A fim de se ter uma idéia geral em composição de minerais pesados foram tomadas 10 amostras das seções colunares SC-2, SC-4, SC-5, SC-9, SC-10, SC-12 e SC-15, e uma amostra esparsa (nº 117). Exceto a amostra nº 184 da SC-15, que é da região de Frutal (MG), todas as outras são da área de Uberaba. A identificação foi feita nas frações 0,250-0,125 mm e 0,125-0,062 mm, respectivamente nas frações de areia fina e muito fina.

Na Tabela 5 estão relacionadas as freqüências relativas semi-quantitativas de 13 minerais principais identificados, mas foram observadas lâminas contendo outras espécies mais raras, talvez, espinélio e tremolita, o que resulta em cerca de 15 espécies mineralógicas transparentes presentes.

Os treze minerais pesados transparentes identificados são: apatita, biotita, cianita, granada, hornblenda, monazita, quiastolita, rutilo, sillimanita, titanita, turmalina e zircão. Em ordem decrescente de freqüência foram encontrados, na fração 0,250-0,125 mm, os seguintes minerais: granada - cianita - turmalina - estaurolita - apatita - sillimanita - titanita e, em menor porcentagem e freqüências aproximadamente iguais entre si, foram encontrados também: biotita,

hornblenda, monazita, quiastolita e zircão. Na fração de areia muito fina (0,125 - 0,062 mm), alguns dos minerais menos abundantes na fração anterior se destacam, embora a granada seja ainda o mineral mais abundante. Dessa maneira, em freqüência decrescente têm-se: granada - zircão - turmalina - cianita - estaurolita - titanita - apatita, e em quantidades mínimas, aproximadamente comparáveis entre si, aparecem: biotita, hornblenda, monazita, quiastolita e utilo.

Examinando-se a Tabela 6 verifica-se que poucas são as espécies mineralógicas presentes na maioria das amostras. Os minerais que aparecem na amioria das amostras são: apatita, cianita, estaurolita, granada, sillimanita, titanita,turmalina e zircão. Dessa lista, o mineral que se destaca pela abundância nas duas frações examinadas em todas as amostras é a granada. Outro fato interessante, além da abundância de variedades mineralógicas e da granada, é a presença de minerais pesados pouco estáveis, tais como, a biotita e hornblenda, demonstrativas de imaturidade mineralógica ou composicional desses sedimentos.

Embora tenha sido constatada a presença de muita magnetita na fração opaca dos minerais pesados, esta não foi submetida à contagem.

c) Conclusões

Porquanto não se possa chegar a conclusões definitivas no que diz respeito à mineralogia dos pesados, na Formação Bauru da área do Triângulo Mineiro, a associação constatada demonstra grande similaridade com os mesmos dados apresentados por FREITAS (1955: 81-89) para o Estado de São Paulo.

Essas similaridades refletem-se não somente na identidade de várias espécies mineralógicas, mas também na abundância de certas variedades, tais como: granada, cianita, e presença de minerais pouco estáveis, como a biotita e a horn

TABELA 5

FREQUÊNCIAS RELATIVAS SEMI-QUANTITATIVAS, EM PORCENTAGEM (NÚMERO DE GRÃOS), DE PRINCIPAIS MINERAIS PESADOS TRANSPARENTES IDENTIFICADOS NA FORMAÇÃO BAURU

	Nº 23 (SC-2)		Nº 24 (SC-2)		Nº 59 (SC-4)		Nº 70 (SC-5)		Nº 95 (SC-9)		Nº106M (SC-10)		Nº 117		Nº 136 (SC-12)		Nº 145 (SC-12)		Nº 184 (SC-15)		MÉDIAS	
	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062	0,250 0,125	0,125 0,062
APATITA	9	2	3	8	7	25	6	2	-	-	-	-	14	4	-	-	-	-	10	11	5	5
BIOTITA	1	-	-	-	-	-	9	9	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	1
CIANITA	4	-	3	3	1	-	1	1	59	22	47	20	-	-	13	10	45	32	2	1	17	9
ESTAUROLITA	3	20	6	1	4	-	7	9	9	21	27	19	-	-	2	7	18	12	1	-	7	9
GRANADA	71	50	74	65	82	47	20	2	2	2	-	-	79	79	-	1	-	1	80	70	42	32
HORNBLENDA	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	8	6	-	-	-	-	1	1
MONAZITA	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	1	1
QUIASTOLITA	4	-	3	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
RUTILO	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	2	-	-	-	1	-	5	-	1	-	1
SILLIMANITA	4	2	1	5	-	1	-	-	8	3	11	2	-	-	-	2	14	10	-	-	4	2
TITANITA	2	-	6	5	5	24	7	20	-	-	-	-	7	15	-	-	2	-	5	10	3	7
TURMALINA	2	-	2	1	1	3	47	34	18	31	13	23	-	1	73	51	15	3	2	3	17	15
ZIRCÃO	-	26	-	2	-	-	3	21	2	16	2	34	-	1	-	22	4	35	-	2	1	16

blenda.

Dentro das limitações impostas por apenas 10 amostras examinadas, pode-se reconhecer uma maior afinidade da associação identificada com rochas matrizes metamórficas, e menor contribuição de rochas ígneas e de basaltos, pelo menos na formação dos arenitos argilosos superpostos às camadas de calcário.

6.2 - Minerais autígenos

Entre os minerais, que podem ser interpretados como autígenos, tem-se a calcita e os minerais de argila.

A calcita ocorre, ora como cimento de arenitos sob a forma de cristais milimétricos a sub-milimétricos, ora como corpos litológicos mais ou menos desenvolvidos de calcário mais puro, como acontece nas áreas de Ponte Alta (MG) e Agudos (SP) que, aliás, constitui um dos assuntos principais deste estudo.

O segundo grupo de minerais mais freqüentes na fração autígena são os minerais de argila, onde são abundantes os do grupo da illita e atapulgita (paligorsquita), seguidos pelo da montmorillonita e em quantidades bem menores os da clorita e caolinita.

Esses minerais de argila foram identificados pelo processo de difração de raios X. Foram analisadas 14 amostras de sedimentos argilosos, não carbonáticos, provenientes da Formação Bauru da região de Uberaba.

Fato notável da mineralogia das argilas da Formação Bauru é a ocorrência de mineral relativamente pouco freqüente nos ambientes sedimentares comuns, que é a atapulgita. Este material ocorre na forma de "cartão da montanha", já referido nas descrições das seções colunares SC-5 e SC-7 nos itens 1.5 e 1.7 do Capítulo II.

Este material foi identificado inicialmente pelo mé

todo de difração de raios X e depois confirmado por análise térmica diferencial e por resultados de análise química.

Por raios X os principais picos, que podem estar relacionados aos da atapulgita, são aqueles que indicam os espaços interplanares de 10,15 Å (coincide com a mica), 6,36 Å, 5,33 Å e 2,51 Å. O difratograma indica que, além da atapulgita acham-se presentes: illita, montmorillonita e quartzo (Figura 46).

O termograma da mesma amostra, proveniente da SC-5, indica uma dupla banda endotérmica com temperatura máxima de 125°C (perda de água de absorção que está nos canais estruturais), bandas endotérmicas mal definidas a 335°C e a 550°C (temperatura de perda das hidroxilas) e um pico exotérmico relativamente bem definido a 860°C (formação da forsterita: Mg_2SiO_4) (Figura 47).

Segundo SOUZA SANTOS (1966), na natureza é muito difícil distinguir macroscopicamente a montmorillonita do mineral do grupo da atapulgita, porque as propriedades desta ficam mascaradas pelas da montmorillonita.

A análise química da mesma amostra forneceu a seguinte composição nos principais elementos:

Perda ao fogo	- 14,84%
SiO_2	- 60,00%
Fe_2O_3	- 3,34%
Al_2O_3	- 16,45%
CaO	- 0,15%
MgO	- 5,71%

De um modo geral verifica-se que o teor relativamente elevado de MgO (5,71%), mas não tão alto quanto a sepiolita (15 a 20%), aproxima-se mais da atapulgita. A média de MgO para quatro amostras de atapulgita, citadas por CAILLIÈRE e HÉNIN (1963: 267) é 8,61%. Os teores relativamente altos de Fe_2O_3 e Al_2O_3 podem estar ligados à nontroni

ta, mineral do grupo da montomorillonita, cuja presença foi sugerida por difração de raios X.

Os minerais de argila acima enumerados podem ser considerados de origem autígena, isto é, pordutos de neoformação. Segundo MILLOT (1964) a atapulgita, assim como a sepiolita, se degradam rapidamente no decurso da meteorização, razão porque a sua presença não pode ser explicada por herança detrítica. A illita, que no caso dos sedimentos da Formação Bauru associa-se intimamente à atapulgita, admite condições similares de formação com aquele mineral e, portanto, poderia ser predominantemente autígena. Por outro lado, a montmorillonita e a clorita já não são exclusivamente autígenas, pois que, a par deste tipo de gênese nos sedimentos, elas são aí, também, bastante freqüentes por carreamento detrítico de outras formações que as contenham, como por exemplo, rochas cristalinas alteradas, solos ou outros sedimentos; o mesmo podendo ser dito da caolinita.

CAPÍTULO IV

SEDIMENTOS CALCÁRIOS

Este capítulo, compreendendo 8 ítens principais, foi dedicado à apresentação de características físicas, mineralógicas e químicas dos calcários da Formação Bauru.

Em virtude de ocorrência mais conspícua, sob todos os aspectos, destes calcários na região de Uberaba (MG), foi justamente ali que maior número de dados foi coligido, tanto na fase de campo, como de determinações de laboratório.

1 - SITUAÇÃO DE CAMPO

1.1 - Triângulo Mineiro

As ocorrências de calcário na região do Triângulo Mineiro estendem-se desde cerca de 15 km ao norte de Sacramento até Frutal, passando por Uberaba. Nessa faixa de ocorrência o calcário margeia a borda escarpada de uma feição geográfica denominada comumente "chapadão", que é constituída de um vasto tabuleiro, de paisagem monótona, somente perturbada por suaves vales, onde cursos d'água conseguiram encaixar os seus leitos.

O extenso chapadão, cuja altitude chega a ser superior a 1 000 m, possui uma suave declividade para sudoeste, estendendo-se a leste rumo Araxá, a oeste para Frutal e a norte para Uberlândia.

Em geral o calcário faz parte integrante do termo basal conglomerático da Formação Bauru, constituindo a Fácies Ponte Alta de BARBOSA e outros (1970), formado de um material localmente conhecido na região de Ponte Alta (Município de Uberaba, MG) sob designação popular de "casco de burro",

com espessura de até 10 a 20 m, encontrando-se em todo o Triângulo Mineiro. Na Serra das Paineiras (Uberaba, MG) esse conglomerado perde o seu caráter basal, sobrepondo-se a arenitos carbonáticos, os quais se assentam em cima de arenitos tufáceos típicos da Formação Uberaba. Na região de Carmo do Paranaíba - São Gotardo não ocorre a Fácies Ponte Alta, mas um conglomerado situado entre 60 a 80 m da base da formação poderia corresponder a este nível.

O "casco de burro" contém seixos freqüentes, de centímetros até decímetros, relativamente bem arredondados, de quartzo, quartzito e sílex (Foto 10). HASUI (1969: 51) reconheceu uma possível gradação de tamanho dos seixos com diminuição de tamanhos para oeste. Segundo BARBOSA e outros (1970: 37) a espessura dessa fácies mostra um aumento de leste para oeste. O cimento carbonático, muitas vezes recristalizado, pode aparecer em tal quantidade que passa a predominar sobre os grãos não carbonáticos, quando dá origem ao calcário impuro arenoso e silicoso. Nesse caso a quantidade de cimento em relação aos detritos é tão grande a ponto de, freqüentemente, grãos adjacentes não se tocarem. Para esses casos CAROZZI (1960) aventa a hipótese de terem os carbonatos derivados de fragmentos detríticos de calcário.

O calcário aparece comumente em forma de corpos lenticulares, fato bem notável na BR-050, no local da SC-7 e cerca de 300 m após SC-4, rumo Uberlândia. Ocorrem várias lentes de calcário de cerca de 1 m de espessura com extensão de alguns metros, envoltas por arenito argiloso carbonático. De Uberaba para o norte, principalmente na região de Ponte Alta, as camadas de calcário são mais possantes e as sondagens da CCPPA têm demonstrado a existência de maior continuidade do que em outras áreas. Na área de Ponte Alta, onde o calcário é explorado para fabricação de cimento, foi feita uma amostragem mais detalhada conforme está indicado na Figura 47.

Segundo BARBOSA (1970: 124) a área de calcários Bauru cartografada por fotogeologia é da ordem de 120 km^2. Tendo os calcários espessuras variáveis de 4 a 7 m, com disposição praticamente horizontal, ocupam ampla distribuição geográfica e constituem-se em apreciável reserva em potencial. Além de Ponte Alta, o calcário é lavrado em algumas outras localidades ainda no Município de Uberaba, como em Mangabeira e Buriti, para fabricação de cal e corretivos de acidez de solos atingindo uma produção mensal de algumas centenas de toneladas.

Na área de Ponte Alta foi notado em vários locais (Pedreira do Sr. Isaias Souto e frente B da Pedreira Masson) que, sobrejacente aos bancos calcários ocorrem camadas de 0,30 a 0,40 m de espessura de conglomerados constituídos por seixos de calcários. Os seixos variam de dimensão desde 2 a 3 cm até 15 a 20 cm de diâmetro, e se acham imersos em matriz arenosa carbonática. Esse nível conglomerático foi visto também na Serra das Paineiras, onde a BR-262 a corta, quando segue rumo Araxá.

Além disso, entre outras características notáveis deste calcário, observáveis nos afloramentos, poderiam ser realçadas as seguintes: a) ausência completa de estratificação e b) aspecto nodular e com manchas mais ou menos arenosas, fatos que lhes conferem coloração mosqueada. Essas manchas, bastante comuns, são ressaltadas pelos processos de lixiviação superficial pelas águas meteóricas. Localmente podem assumir aspecto brechóide devido à angularidade ligeiramente acentuada das manchas (Foto 11).

Ainda, de acordo com BARBOSA (1970: 37) a Fácies Ponte Alta se estende também a uma pequena parte dos Estados de São Paulo e Goiás. Esta ocuparia uma superfície que poderia ser balizada pelas cidades de Itumbiara (GO), Frutal (MG) e Barretos (SP), pois em todas essas localidades teriam sido encontrados afloramentos de calcário do tipo chamado de "casco de

burro".

Durante os trabalhos de campo, o autor deste trabalho também coletou amostras de calcário impuro em localidades próximas à Prata e Ituiutaba (amostras nrs. 189, 190, 194 e 195), ambas cidades do Estado de Minas Gerais.

Embora bem mais raras no Triângulo Mineiro, nas Serras de Lídio e Campina Verde têm-se concreções calcárias de formas caprichosas contidas em matriz de arenito. Essas concreções são mais típicas de arenitos carbonáticos do Estado de São Paulo.

1.2 - Goiás e Mato Grosso

No Estado de Mato Grosso, apesar de insistentes informações de moradores locais sobre ocorrências de calcários, obtidas pelo autor, calcários verdadeiros não pouderam ser encontrados durante os trabalhos de campo.

Mesmo as informações sobre uma possível queima de calcário para fabricação de cal, que teria sido efetuada em uma fazenda próxima a Aporé (GO, limite com Mato Grosso) conduziram o autor a nada mais que abruptos paredões de arenito carbonático com muitos nódulos. As águas meteóricas solubilizando o cimento carbonático desses arenitos, concentrou o carbonato que se encrustou nas superfícies dos paredões. Com o tempo essas crostas se desprendem e os moradores aproveitaram esses materiais para queimando-se obter a cal.

Nem no chapadão que acompanha o viajante pela estrada, na sua margem esquerda entre Paranaíba e Cassilândia (MT), de morfologia sugestiva de ocorrência de depósitos carbonáticos, foram encontrados calcários.

No Estado de Goiás foram verificadas ocorrências de calcários muito arenosos, freqüentemente silicificados, entre Canal do São Simão e Jataí, a 77 km da primeira cidade, e entre Rio Verde e Quirinópolis, a 33 km da BR-060. Essas duas ocorrências acham-se associadas a morros testemunhos da Forma

ção Bauru, freqüentemente constituindo suas rochas capeadoras, ou outras vezes, sem introduzir quaisquer controles na geomorfologia regional. Esses calcários são também conglomeráticos, muito arenosos e lembram bastante as ocorrências típicas de Ponte Alta em Minas Gerais. Essas ocorrências vêm estender ainda mais a hipotética bacia de deposição da Fácies Ponta Alta de BARBOSA e outros (1970). Embora não se disponha de informações mais minuciosas sobre estas ocorrências, tem-se a impressão que, em geral, as camadas calcárias sejam pouco espessas e de caráter lenticular muito acentuado.

1.3 - Estado de São Paulo

No Estado de São Paulo as ocorrências de calcários propriamente ditos, bastante arenosos, da Formação Bauru limitam-se à região de Agudos, Borebi, Piratininga, Alba e Santa Cruz do Rio Pardo. O calcário não apresenta continuidade por todas essas localidades, mas aparece esparsamente constituindo topografias mais acentuadas. Além disso, tem-se a impressão que os morros com ocorrência de calcário apresentam topo achatado, enquanto que aqueles isentos de calcário possuem topos mais arredondados.

No Estado de São Paulo, embora bem inferiores, tanto em quantidade como em qualidade aos calcários de Ponte Alta em Minas Gerais, os afloramentos mais notáveis são ligados à Serra dos Agudos, com denominações locais, tais como, Morro de Serraria, Morro de Santa Rita, etc. Os topos desses morros elevam-se a alturas superiores a 50 m em relação aos terrenos circunvizinhos, e nas escarpas afloram calcários arenosos conglomeráticos, cuja espessura bastante irregular parece variar de 2 a 5 m. Sua extensão lateral é desconhecida pois aflora em apenas um dos flancos da serra, ocupando o calcário a posição de rocha capeadora dos morros.

Embora desconheçamos os dados de sondagens, eventualmente executadas na área, que poderiam trazer informações mais seguras, tem-se a impressão pelo exame dos afloramentos

esparsos, que os litossomas individuais não possuam grande continuidade lateral.

É de se estranhar a ausência de estruturas cársticas nas áreas de calcários da Formação Bauru. É possível que a explicação esteja na geomorfologia, que condicionou a existência local de lençol freático bastante profundo para a área dos calcários, principalmente na área do Triângulo Mineiro. Pode disso resultar que freqüentemente as camadas de calcário estejam acima do lençol freático, onde talvez sejam menos efetivos os processos de formação deste tipo de feição.

Esses calcários da região de Agudos afloram também próximo a Borebi, nos terrenos da Fazenda São José (antiga Fazenda Cel. Leite), onde aparecem em forma de blocos descontínuos nas encostas nas cabeceiras de um pequeno vale.

Em Piratininga afloram na Serra do Veado (Fotos 12, 13 e 14), e em Santa Cruz do Rio Pardo, nas cabeceiras dos córregos Alecrim e Gavião, em terrenos de propriedade da Fazenda Cocais. Esta última ocorrência foi resumidamente descrita por HASUI e SADOWSKY (1972: 138), quando os autores ligaram-na com a Fácies Itaqueri e correlacionaram à Fácies Ponte Alta do Triângulo Mineiro.

As altitudes das camadas de calcário na região de Agudos variam entre 620 a 650 m. Altitude de 650 m foi também constatada no topo do morro situado nas cabeceiras dos córregos Alecrim e Gavião em Santa Cruz do Rio Pardo. Os afloramentos de calcário da Fazenda São José em Borebi aparentemente surgem em nível mais elevado, de cerca de 680m.

Esses calcários do Estado de São Paulo são também muito parecidos com os de Ponte Alta, em Minas Gerais, tanto no seu modo de ocorrência, quanto nos seus aspectos macroscópicos. São também muito arenosos, de aspecto nodular, com manchas e localmente conglomeráticos. Não apresentam, como naqueles casos, estratificações visíveis e quando intemperiza-

dos deixam ressaltos ligados às manchas de maior ou menor pureza do que a massa principal.

Os calcários da região de Agudos já são conhecidos há algum tempo, tendo sido citada uma análise química de calcário dessa procedência por MORAES REGO (1935: 243, in FREITAS, 1955: 79).

Mais tarde, segundo informações do Sr. José Zanirato, residente na cidade de Agudos, a Fábrica de Cimento Santa Rita, sediada em Itapevi (SP), através de seus técnicos, esteve fazendo amostragens na área em questão com interesses dirigidos possivelmente para fabricação de cimento, mas dos resultados analíticos dessas amostras nada se conhece. Soube-se também que a Cia. de Cimento Votorantim S.A. esteve fazendo sondagens na região de Agudos, mas o autor não pôde ter acesso aos dados.

Em 1968 o Instituto Geográfico e Geológico (IGG) esteve fazendo levantamentos para conhecimento das reservas dessas rochas calcárias, em escala de reconhecimento, para verificação das possibilidades de aproveitamento do material como corretivo de acidez de solos, e os resultados de análises químicas de amostras coletadas constam no relatório final do Convênio IGG-SVT (Instituto Geográfico e Geológico - Serviço do Vale do Tietê), assim como na tese de doutoramento apresentada por MEZZALIRA (1972).

O autor esteve percorrendo a região do planalto de Garça-Marília-Echaporã, que constitui ramificação das serras de Agudos, e que se apresentam também com encostas bem íngremes, muito sugestivas de paredões de calcários, porém nada mais que arenitos muito carbonáticos foram localizados nessas áreas.

No Estado de São Paulo são comuns as concreções de calcários, de formas variadas, geralmente tubulares, localizadas freqüentemente no meio de marga arenosa. Uma dessas

ocorrências mais interessantes localiza-se no km 413,5 da SP-225, entre Bauru e Santa Cruz do Rio Pardo, mas de um modo geral, essas concreções são muito freqüentes em todo o Estado de São Paulo mostrando-se bastante abundantes também ao longo da SP-333, entre Guarantã e Echaporã, passando por Marília, onde foi levantada a SG-4.

2 - DADOS DE SUBSUPERFÍCIE

Com o intúito de determinar as reservas de calcário nos terrenos de sua propriedade a CCPPA já realizou inúmeras sondagens na área de Ponte Alta.

Dessas sondagens o autor conseguiu, junto à companhia, os resultados de 7 perfurações, cujos perfis litológicos estão representados na Figura 48. Para se ter uma idéia da localização destes furos pode-se ver a Figura 47, onde aparece indicado Buracão. Os dados litológicos dos perfis foram adaptados e, de certo modo, interpretados a partir das descrições feitas pelos técnicos da CCPPA, no que diz respeito à natureza das camadas sedimentares não carbonáticas. As camadas calcárias estão representadas exatamente de acordo com os dados daquela companhia em função de sua espessura,profundidade e teores de $CaCO_3$.

A camada principal de calcário nas sete perfurações representadas na Figura 48 mostram uma razoável uniformidade de espessura. Unindo-se as sondagens por segmentos de retas tem-se os furos extremos separados por uma distância total de 640 m. Nessa extensão é observado que a espessura média é de 7,97 m, sendo o valor mínimo encontrado 7,00 m (sondagem 32B) e o máximo de 8,90 m (sondagem 38B). É muito interessante notar também que no furo 32B é verificado um nível mais raso de calcário com 11,00 m de espessura; portanto, computando-se essa camada no local desta sondagem tem-se 18,00 m de calcário. Esta camada de menor profundidade não

foi encontrada nos outros furos.

Outro fato interessante é que praticamente todos eles situam-se no mesmo horizonte estratigráfico e em cotas similares. Quanto ao problema da cota é importante frizar que, como mostra o perfil, a base da camada principal de calcário situa-se em torno de 990 m sobre o nível do mar, segundo os dados fornecidos pela CCPPA. O autor utilizou como ponto de referência de altimetria a cota indicada na estação da FEPASA (antiga EFM) em Uberaba, e os resultados de determinações repetidas por três vezes em épocas diferentes, utilizando-se o altímetro Paulin, não coincidem com os do perfil. Pelas medidas efetuadas pelo autor deste trabalho a base da camada principal de calcário na área de Ponte Alta situa-se a 920 m sobre o nível do mar. Durante os trabalhos de campo não foi possível conferir qual foi o nível de referência utilizado pela CCPPA.

De acordo com as localizações geográficas dos furos, as sondagens 38B, 34B e 33B foram utilizadas como vértices de um triângulo, no qual foi verificado que o topo da camada principal de calcário cai 2,80 m em 280 m de 38B para 34B, e 3,60 m em 330 m de 33B para 34B. Nessa situação a direção da camada de calcário, aparentemente contínua em toda a extensão da área definida por este triângulo, teria orientação aproximada N 80° E e o mergulho para SE seria de mais de 10 m/km. Embora tal ângulo seja relativamente pequeno e tenha valor somente local, porque pode variar conforme a situação da área em estudo, pode-se notar que ele é bem maior do que o do mergulho regional que é de cerca de 3 m/km.

As camadas de calcário não são uniformes quanto a sua composição química nos diferentes furos. Além disso, essa variação parece ser bastante errática, pois não mostra nenhum padrão definido de diminuição ou aumento de pureza dos calcários com a profundidade ou localidade geográfica, e nem as espessuras das camadas de um determinado teor são sempre unifor

mes nos diferentes furos. Dessa maneira as camadas de diferentes purezas não são correlacionáveis entre os furos. Porém, em geral, as camadas calcárias são contínuas verticalmente, sem intercalações de sedimentos não carbonáticos. Esse fato não é verificado somente no furo 32B em que a camada inferior de calcário é intercalada por cerca 2,00 m de conglomerado.

Quanto aos sedimentos clásticos a variabilidade é ainda maior. Camadas conglomeráticas são freqüentes mas muito descontínuas. Os conglomerados podem ser mais ou menos pobres em matriz areno-argilosa. Camadas de sílex, talvez do tipo observado na BR-050, próximo ao final da SG-1 (no local da SC-8), foi constatada em profundidade no furo 37B. Os arenitos são ora mais puros e quartzosos, mas em geral são muito argilosos ou conglomeráticos e constituem a litologia dominante entre os sedimentos não carbonáticos.

3 - MÉTODOS DE LABORATÓRIO

As amostras de calcário, antes de serem submetidas aos métodos de laboratório, sofreram as seguintes preparações prévias.

3.1 - Exame macroscópico de seção polida

Os fragmentos grandes de calcário, em geral com peso superior a 1 kg, foram serrados ao meio, com serra de diamante, e uma das metades teve a superfície lixada e polida para exame macroscópico dos detalhes. Os pormenores examinados neste caso compreenderam principalmente as estruturas singenéticas e epigenéticas.

Foram preparadas e examinadas seções polidas de 77 amostras, predominantemente de calcários e alguns arenitos e calcários silicificados. A segunda metade da amostra foi utilizada para outros estudos de laboratório.

3.2 - *Exame microscópico de seção delgada*

As seções delgadas foram preparadas pelos processos convencionais para obtenção de lâminas de cerca de 30 microns de espessura. As técnicas das seções delgadas abrangeram as amostras de calcários, e alguns arenitos de difícil desagregação e calcários e arenitos silicificados.

Nas amostras de calcários e arenitos silicificados foram preparadas, ao acaso, mas nos calcários e arenitos silicificados, como a finalidade da seção delgada era a de estudar o fenômeno da silicificação, procurou-se obter uma lâmina no contato entre as partes afetadas e não afetadas pelo processo.

Foram confeccionadas e examinadas 95 seções delgadas, principalmente de calcários. Em algumas amostras foram preparadas duas ou mais lâminas para se poder estudar maior área.

3.3 - *Análise química*

As análises químicas abrangeram dois tipos de determinações. As composições em elementos maiores, menores e traços foram analisadas pelo processo de fluorescência de raios X. As análises em composição de isótopos estáveis de carbono e oxigênio foram efetuadas pela espectrometria de massa.

Para a preparação das alíquotas para as análises químicas as amostras brutas foram britadas até atingir dimensões de partículas de 0,5 mm, eliminando-se em seguida, por catação, os fragmentos de seixos e partículas maiores. Depois de britadas as amostras passaram por moagem prévia em moinho de placas ou almofaliz de porcelana. Depois foram separadas duas alíquotas, sendo a primeira destinada à preparação de materiais para análises químicas, e a segunda para estudos de resíduos insolúveis ao ácido clorídrico.

A primeira alíquota do material foi novamente moída em almofariz de porcelana e passada por peneiras de 0,149 mm,

para obtenção de materiais menores que 100 "meshes". Somente as partículas que passaram por aquela peneira foram tomadas para análise por fluorescência de Raios X e para espectrometria de massa.

Além disso, algumas amostras (apenas 5) foram examinadas quanto à composição em certos elementos específicos, tais como B e Li, pelos processos de espectrofotometria de absorção atômica e pelo colorimétrico.

3.4 - *Análise de resíduos insolúveis em ácido clorídrico*

Para as análises de resíduos insolúveis foi utilizada a segunda alíquota, separada na fase de preparação de amostras para análises químicas, após britagem e moagem prévia partindo-se da amostra bruta.

Essa alíquota foi novamente moída até passar pela peneira de 0,250 mm (60 "meshes"). Então, para o estudo de resíduos insolúveis foi usado somente o material que, após a segunda moagem, passou pela peneira de 0,250 mm. Essa granulação é adequada porque a maioria dos grãos arenosos não é destruída e, além disso, a granulação é suficientemente fina para apresentar superfície específica bastante grande para um ataque efetivo por ácido clorídrico.

4 - DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

O exame macroscópico de calcários, calcários silicificados e arenitos da Formação Bauru foi efetuado em 60 amostras. Dessas, 58 amostras foram de calcários e calcários silicificados, e também foram estudadas macroscopicamente 5 amostras de caliche da África.

Para que esta descrição fosse possível foram confeccionadas seções polidas, cortando-se as amostras com uma serra de diamante, com o corte orientado segundo a direção que mostrasse maior variação textural e estrutural de acordo com

rápida inspeção visual na amostra antes do corte. A superfície de corte foi polida com carborundum em pó para eliminação de eventuais irregularidades deixadas pela serra.

O exame macroscópico constou de uma inspeção visual a vista desarmada ou com o auxílio de uma lupa de bolso para observação de alguns detalhes aparentemente mais interessantes.

4.1 - Tipos observados

O traço comum que caracteriza macroscopicamente os calcários da Formação Bauru é a heterogeneidade com manchas de formas e cores variadas, aspectos nodulares ou brechóides, arenosos, porém em alguns casos foram verificados também calcários cristalinos muito finos texturalmente, e com estrutura mais homogênea. A heterogeneidade resulta freqüentemente em estruturas do tipo mosqueado descrito por OSMOND (1956).

4.1.1 - Calcário homogêneo

Este tipo é de cores claras, sem manchas, cristalinidade muito fina e de alta pureza. As cores variam de 10 R 8/2 (rosa acinzentado) a 10 YR 8/2 (laranja muito pálido) (Foto 16).

É verificada completa ausência ou grãos muito raros de quartzo, de granulação de areia. As únicas descontinuidades que eventualmente interrompem a grande homogeneidade destes calcários são pequenas fraturas de traçado aproximadamente retilíneo, preenchidas por calcita recristalizada. Raramente este tipo apresenta manchas irregulares mais arenosas. Este aspecto foi notado nas amostras: 146, 148, 154, 158,166, 168, 182, 184, etc.

4.1.2 - Calcário "brechóide"

O calcário denominado "brechóide" apresenta-se basicamente como dois subtipos: o primeiro em que as manchas que definem esta feição são partes mais arenosas, formando verdadeiras "bolsas de clásticos", detalhe também observado em

escala microscópica, e os espaços entre as manchas são constituídos de calcário do tipo homogêneo; o segundo em que as manchas são formadas por calcário maciço e homogêneo, enquanto que os espaços entre elas são de calcário mais arenoso (Fotos 17 e 18).

A composição acima, definindo calcários denominados "brechóides", faz com que as resistências ao intemperismo entre as manchas e os espaços entre elas sejam ligeiramente diferentes, de modo que as manchas ficam ressaltadas ou reentrantes pelo processo de lixiviação por águas pluviais.

Este tipo de calcário foi identificado nas amostras: 113, 128, 131, 132, 173, 207, 237, 240 e 242, que são do primeiro subtipo e 207, 131 e 173, que localmente representam o segundo subtipo.

4.1.3 - Calcário conglomerático

O tipo conglomerático é também freqüentemente comum em virtude da própria situação estratigráfica dos calcários da Formação Bauru, que nada mais são do que zonas mais carbonatadas da fácies conglomeráticas Ponte Alta ou Itaqueri.

Os seixos contidos nos calcários variam mais freqüentemente desde grânulos até mais de 5 cm de diâmetro e são bem arredondados. São predominantemente constituídos de fragmentos de quartzo e quartzito. Eles se acham dispersos de modo irregular ou concentrados em certos horizontes, envolvidos por estruturas aureoladas coloformes, como se vê na Foto 19.

Este tipo de calcário conglomerático, que por vezes, grada para conglomerado carbonático, é conhecido na região pelo nome peculiar de "casco de burro".

As amostras nrs. 128 e 176 apresentaram este aspecto conglomerático. Relativamente poucas amostras deste tipo foram coletadas, mas durante os trabalhos de campo foi observado que eles aparecem em vários níveis, dentro dos calcários

mais puros, em corpos de forma lenticular como acontece na pedreira nº 2 da CCPPA.

4.1.4 - Calcário arenoso

O arenoso é o que apresenta mais variações por constituir o tipo mais freqüente de calcários da Formação Bauru,mas muito raramente os grãos arenososo de quartzo se distribuem uniformente pela massa carbonática.

A Foto 20, da amostra nº 345, ilustra um caso de aspecto mais ou menos homogêneo de calcários arenosos.

Gradualmente podem passar para tipos de arenitos muito carbonáticos em que a calcita aparece como uma fração cimentante. Como pode ser visto na Foto 21, mesmo nestes casos a cimentação não ocorre homogeneamente, mas em forma de verdadeiros veios de calcita mais pura isolando partes de arenitos carbonáticos.

Em outros casos, também com estrutura mosqueada, aparecem zonas com estruturas "laminadas" sinuosas, de natureza coloforme (Foto 22), ou com poros definidos por vazios que formam geodos ou drusas (Foto 23), ou ainda contendo fragmentos de pelotas de argila, juntamente com grânulos esparsos de quartzo e recortado por veios de calcita pura (Foto 24). Nestes subtipos arenosos as porções arenosas acham-se, quase sempre, segregadas em manchas irregulares que definem o padrão mosqueado. Tem-se a impressão que muitas destas estruturas de segregação de clásticos em forma de "bolsas" ou estruturas coloformes dos cristais de calcita sejam de origem diagenética, pois o exame microscópico revelou que toda a calcita dos calcários é mais ou menos cristalina, refletindo possivelmente um avanço considerável dos processos diagenéticos. Por outro lado, parte dessa estrutura mosqueada pode ter resultado de atividades biogênicas por organismos perfuradores, principalmente no caso em que as manchas são mais ou menos tubulares e constituídas de material mais arenoso do que a "matriz"

carbonática em volta.

Amostras de calcários arenosos são: 162, 175,178,238, 345, etc. Muitas dessas amostras exibem grande similaridade com amostras de caliche (principalmente as amostras 178 e 345) da África, aqui estudadas, semelhança esta que foi verificada também em exame microscópico.

4.1.5 - Calcário silicificado

O calcário silicificado é também manchado irregularmente. Em geral as porções carbonáticas são de coloração mais clara (5 YR 8/1: cinza róseo) e a zona silicificada varia de N 5 (cinza médio) até N 4 (cinza escuro). Fotos 25 e 26.

São freqüentes também estruturas coloformes nas estruturas de silicificação, onde os minerais constituintes são mais comumente calcedônia ou opala.

Os contatos entre a parte carbonática e a silicosa são interpenetrantes, sendo relativamente comuns os casos em que porções de um dos constituintes ficam isoladas no meio do outro componente.

Assim como a silicificação é observável por exame macroscópico, muitos núcleos minúsculos de silicificação, por calcedônia, foram vistos em exame microscópico.

A silicificação foi observada nas amostras 162, 177, 259 e 264.

4.1.6 - Calcário de caliche

Este tipo de material carbonático é caracteristicamente formado em ambiente de clima semi-árido a árido e, em virtude de sua aparente similaridade com os calcários arenosos da Formação Bauru foram aqui examinadas em amostras procedentes da África.

Por vezes o caliche em forma de calcário arenoso possui textura arenosa mais ou menos uniforme (Foto 27),mas fre

qüentemente exibe o aspecto nodular em que os nódulos são constituídos de calcário mais puro e os espaços entre eles de carbonato mais arenoso, lembrando muito alguns calcários arenososo da Formação Bauru (Foto 28). Embora a identidade não seja perfeita, a semelhança chega a ser tal, tanto em estrutura e textura, como na coloração, que aparentemente o calcário de caliche somado com a diagênese e tempo, talvez resultasse nos aspectos encontrados nos calcários da Formação Bauru.

4.1.7 - Arenito silicificado

Por macroscopia foi também examinado o arenito silicificado da Formação Bauru (amostra 260). Verifica-se que a parte mais intensamente silicificada, que por microscopia foi constatado tratar-se de opala, apresenta-se com coloração 10 Y 6/2 (verde oliva pálido), de textura fina e uniforme, aparentemente acompanhando a estratificação do arenito (Foto 29). Percebe-se a existência de uma tênue laminação nas camadas silicificadas, que se repetem em vários níveis.

Foi interessante constatar também que as camadas silicificadas são, por vezes, interrompidas e mesmo destacadas do nível do leito de onde provêm, lembrando estruturas de brechas intraformacionais de calcários da Formação Irati (Permiano da Bacia do Paraná) estudadas por AMARAL (1971: 18).

O exame deste material foi incluído neste item "Descrição Macroscópica", juntamente com vários tipos de calcários, porque se acredita na possível natureza carbonática original das camadas silicificadas.

5 - DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA

Foram examinadas ao microscópio 95 seções delgadas de calcários, provenientes de 72 amostras. Este estudo microscópico permitiu verificar certos detalhes texturais e es

truturais nas amostras que, além de caracterizar petrograficamente os calcários, poderão servir para se estabelecer alguns grupos de tipos básicos de calcários da Formação Bauru.

5.1 - *Aspectos texturais*

Como aspectos texturais as descrição são limitadas as granulações dos cristais, que foram aqui denominadas por grau de cristalinidade e expressos em valores numéricos em microns, e granulação dos fragmentos detríticos insolúveis.

5.1.1 - Grau de cristalinidade da calcita

Os tamanhos dos cristais podem variar desde criptocristalinos, quando os cristais não podem ser individualizados nem com aumentos da ordem de 320 vezes, até cristais muito grandes que atingem 0,60 a 0,80 mm de diâmetro ou mais de 1,00 mm em veios e drusas.

Mesmo na área compreendida por uma lâmina petrográfica os calcários não apresentam muita uniformidade de tamanhos de cristais. São raros os casos de uniformidade e mais comuns são as situações em que surgem dois ou três, até mais graus de cristalinidade (Foto 30).

Na Figura 49 pode-se verificar perfeitamente que a variabilidade é uma regra e a uniformidade de tamanhos dos cristais é uma exceção. Entretanto, mesmo que pobremente definidos, aparecem certos intervalos de graus de cristalinidade mais freqüentes nas lâminas examinadas. Estes intervalos são: 2 a 5 microns, 5 a 10 microsn, 40 a 100 microns e 200 a 400 microns. Outros intervalos de graus de cristalinidade são mais raros.

Após examinar 95 lâminas provenientes de várias ocorrências de calcários da Formação Bauru, principalmente das regiões de Uberaba (MG) e Agudos (SP), espera-se que o grau médio de cristalinidade para os mesmos tenha ficado razoavelmente definido.

Além disso, outro fator interessante é a ligação que aparentemente existe entre o grau de cristalinidade e outros aspectos microscópicos dos calcários. Por exemplo, as partes de calcita criptocristalina estão comumente associadas às áreas com "estruturas algálicas", que serão discutidas mais adiante. Este fenômeno pode ser notado nas amostras 114, 129 e algumas outras. Aparentemente, quando os calcários são recristalizados, talvez durante as primeiras fases diagenéticas, e o calcário passa de textura criptocristalina para micro ou macrocristalina, ocorre uma obliteração daquelas estruturas. Fatos que sugerem este fenômeno puderam ser verificados nas seções delgadas das amostras 154 e 173, onde,nas partes recristalizadas aparecem resquícios obliterados que lembram muito as estruturas supra-citadas.

Segundo MARSCHNER (1968: 55) a granulação dos carbonatos de diagênese incipiente é inversamente proporcional ao conteúdo em minerais de argila. Ainda, de acordo com este mesmo autor, a relação de granulação entre carbonato/partículas não carbonáticas deve-se provavelmente ao efeito do "envolvimento" dos minerais de argila durante a recristalização. Os minerais de argila ocorrem sempre ao longo dos limites dos grãos carbonáticos, envolvendo-os. Substâncias orgânicas e metálicas podem apresentar o mesmo efeito. Isto equivale a dizer que estas substâncias inibem o crescimento dos cristais de calcita durante os processos diagenéticos.

Além disso, o mecanismo de recristalização aparentemente efetua uma segregação de substâncias presentes como impurezas na calcita criptocristalina, pois, enquanto que as partes cristalinas se apresentam mais ou menos translúcidas em seção delgada, áreas de cristalinidade mais desenvolvida mostram material opaco segregado irregularmente. A substância opaca segregada, como aparece nas lâminas das amostras 171B e 175, apresentam características de matéria carbonosa.

5.1.2 - Granulação dos clásticos insolúveis

Nesta descrição de granulação dos clásticos insolúveis estão incluídas apenas as feições microscópicas (Fotos 31 e 32). No campo foi verificado que existem vários níveis conglomeráticos associados aos calcários, constituindo leitos mais ou menos contínuos, lentes ou mesmo dispersos, cujos seixos possuem dimensões que variam desde alguns centímetros até dezenas de centímetros, constituídos de quartzo, quartzito e calcedônia principalmente, em geral com razoável a bom grau de arredondamento (Figura 50). Esses insolúveis de dimensões maiores são descritos na parte macroscópica, a partir de exames feitos no campo e no laboratório.

Outro fato interessante é que, no campo de observação de uma lâmina petrográfica, 8 das 95 lâminas examinadas mostraram-se completamente isentas de fragmentos clásticos. Isto demonstra que localmente o calcário da Formação Bauru pode ser muito puro.

5.1.3 - Hábito cristalino da calcita

Os cristais de calcita, quando criptocristalinos, mostram-se em forma de uma massa de microcristais de contornos praticamente indistintos, quando examinados com aumento de 320 vezes. A medida que os tamanhos dos cristais aumentam, eles passam a exibir forma cristalina de contornos nítidos, às vezes com faces estriadas, constituindo um mosaico formado por cristais mais ou menos eqüidimensionais. A estriação na maior parte dos casos está ligada aos planos de clivagem dos cristais. Este mosaico cristalino é freqüentemente interrompido por veios, onde em geral aumenta a cristalinidade, ou por manchas de cristalização mais fina (Foto 33).

Nas situações normais os cristais de calcita possuem um hábito anguloso, interpenetrado, típico de recristalização, provavelmente em maior parte resultante de processos diagenéticos.

Em casos mais raros aparecem nos veios alguns cristais alongados de calcita, de hábito de "dente de cão". É o que sucede na lâmina da amostra 162. Aparece aqui um veio formado por uma faixa de 10 a 20 mm de comprimento, onde estão dispostos perpendicularmente às paredes, um conjunto de cristais alongados com comprimentos de até 1,20 mm a 1,50 mm. Em veios da lâmina 160 também aparecem cristais alongados de calcita que se dispõem perpendicularmente às paredes dos veios.

5.2 - *Aspectos estruturais*

Entre as estruturas microscópicas do calcário da Formação Bauru, reconhecíveis em seções delgadas, podem ser enumeradas as seguintes:núcleos de silicificação, estruturas de veios e drusas, "estruturas algálicas", estrutura oóide ou globóide, "bolsas arenosas", calcita e calcedônia cristalinas aureoladas, microporosidade, corrosão de grãos de quartzo e quartzito e, finalmente, estruturas coloformes. Dessas estruturas as três primeiras são as mais freqüentes.

5.2.1 - Estruturas de silicificação

A silicificação por calcedônia é um fenômeno muito freqüente, principalmente nas lâminas de calcários da área de Uberaba.

De 95 lâminas de calcários, pelo menos 56 apresentaram o fenômeno da silicificação em maior ou menor grau. Este processo está ligado, ora a pontos muito localizados,ora assume um caráter mais amplo, transformando a maior parte do calcário em calcedônia fibrosa.

A calcedônia se apresenta freqüentemente com hábito fibroso, e quase sempre definindo uma estrutura fluidal.Fato interessante de se observar também, é que por silicificação progressiva, ocorre parcialmente uma recristalização que dá origem a cristais de quartzo (Foto 34).

Fato notável dessas estruturas é que o fenômeno pare

ce ser mais acentuado nas porções de calcários com maior concentração de clásticos insolúveis, principalmente quartzo e quartzito. Este fato foi verificado nas lâminas 167, 175,189 e várias outras (Foto 35).

5.2.2 - Estruturas de veios e drusas

As estruturas de veios e drusas, às vezes de geodos, nas amostras de calcários da formação em estudo, definem áreas nas lâminas, onde maior é a cristalinidade (Foto 36).

As drusas, veios e alguns geodos, constituem uma feição muito característica desses calcários, pois 43, pelo menos, em 95 lâminas examinadas mostraram a presença desse fenômeno.

Os veios e drusas são de formas e tamanhos variados e por vezes apresentam poros no centro, definindo geodos. Os cristais de calcita se dispõem forrando as paredes do geodo,e na parte mais central podem aparecer minerais relativamente cristalizados de quartzo.

Tem-se a impressão de que a existência de veios, drusas e geodos facilita a silicificação por calcedônia,pois nas amostras 162, 178, 190, 233A, 240, 249, etc. são verificadas nítidas associações entre veios, drusas e geodos, de cristalinidade mais grosseira e a silicificação. Essa associação se manifesta pela maior intensidade do fenômeno nos contatos ou na parte interna dessas estruturas.

5.2.3 - "Estruturas algálicas"

São aqui denominadas "estruturas algálicas", certas manchas mais escuras de tamanhos e formas variadas. Os formatos são mais comumente de esferóides a elíticos, muito raramente associados a estruturas de lâminas grosseiramente paralelas e concêntricas. Os tamanhos dessas estruturas variam desde 0,08 a 0,10 mm até 1,20 mm ou até mais.

É interessante que essas estruturas aparecem quase

sempre associadas a áreas de cristalinidade menos desenvolvida nas lâminas, isto é, nas partes de calcita cripto ou microcristalina (menor que 0,005 mm até cerca 0,010 mm). Além disso, quando aparecem em áreas recristalizadas, a sua presença é obliterada e dificilmente pode ser percebida. Freqüentemente apresentam, ao lado, manchas escuras, opacas, talvez carbonosas, tal como acontece nas lâminas 194 e 207A.

Estas estruturas são bastante comuns, tanto nos calcários do Estado de São Paulo, como na parte marginal da formação, isto é, Triângulo Mineiro e sul de Goiás, tendo sido verificado em 42 lâminas, no mínimo, entre as 95 examinadas. Adotou-se a denominação "algálica", porque as suas feições gerais, quando se mostram melhor desenvolvidas, dão a impressão de estruturas associadas a atividades de algas. No entanto, outras evidências de microscopia que confirmem, sem qualquer sombra de dúvida, a natureza algálica desses calcários não foram encontradas, e essas estruturas podem ser até de pura origem inorgânica (Fotos 35 e 37).

Entretanto, é grande a semelhança com as estruturas de "algal coating" em calcários, citadas na literatura apresentada por MÜLLER-JUNGBLUTH (1968). Por outro lado, algumas amostras apresentam aspectos em seções delgadas que lembram os calcários com ostracódios do tipo da fotografia apresentada por JOHNSON (1951: foto 3 da prancha 82).

Esta identificação da possibilidade de serem estruturas realmente ligadas a algas foi também confirmada pelo geólogo Alfredo Nunes Bandeira Jr. do Centro de Pesquisas da Petrobras S.A., que já teve a oportunidade de estudar microfácies carbonáticas de calcários cretáceos da Bacia Sergipe-Alagoas, onde também reconheceu estruturas similares que foram por ele atribuídas a algas.

5.2.4 - Estruturas de oóide ou globóide

Estas estruturas são definidas por feições que muito

grosseiramente lembram oólitos. São também de formatos de esferóides ou elíticas, mas quase sempre apresentam um ou vários núcleos constituídos de clásticos insolúveis, fato que as distingue das "estruturas algálicas", pois estas não possuem núcleos.

O contorno das estruturas pode ser liso ou sinuoso e internamente, além de núcleos, pode ou não apresentar disposições de lâminas ligeiramente concêntricas. Às vezes, não possuem núcleos no interior e então exibem cristalinidade mais desenvolvida do que na área entre os oóides, tal como acontece na lâmina 150A. Outras vezes, como na lâmina 181B, os oóides são preenchidos por calcita de cerca de 0,010 mm de diâmetro. Neste caso o contorno é lobado e envolto por lâminas paralelas e, tanto sob nícois cruzados como paralelos, os contornos dos grãos aparecem com a cor marrom acastanhado.

Outros vezes, a lâmina é quase integralmente ocupada por formas globóides, sem estruturas concêntricas, com vários núcleos. Os interstícios entre as estruturas globóides são cimentados por calcita mais grosseira, enquanto que as estruturas em si apresentam calcita cripto a microscristalina (lâmina 209).

Quando as formas globóides possuem contornos com muitas crenulações passam a exibir feições "cerebróides",porque chegam a lembrar as circunvoluções do cérebro.

Lâminas de amostras de Mangabeira (Município de Uberaba, MG) apresentaram formas globóides, raramente com estruturas concêntricas, apresentando-se muito ricas em clásticos insolúveis. Dificilmente esses oóides envolvem um grão, mas em geral, contêm dezenas de pequenas partículas angulosas formadas predominantemente de quartzo. As formas globóides,neste caso, têm 0,80 mm de diâmetro, mas podem atingir até 2,00 mm a 2,50 mm ou mais (Foto 38).

Pelo menos, 16 lâminas, entre todas examinadas, exibiram esse tipo de estrutura.

A origem dessas estruturas pode ser inorgânica, por um processo similar ao de formação dos oólitos verdadeiros, mas talvez de menor energia. É possível admitir certa influência orgânica na formação dessas estruturas que parecem, em certos casos, até gradar de certo modo para as "estruturas algálicas".

5.2.5 - "Bolsas arenosas"

As "bolsas arenosas", como o nome já diz, são estruturas formadas pela concentração anormal de clásticos insolúveis (quartzo, quartzito, feldspato, etc.), em pontos localizados, dentro desses calcários.

No caso da Formação Bauru pode-se dizer mesmo que a distribuição homogênea dos clásticos na massa carbonática é uma exceção do que regra.

Essa feição acha-se bem desenvolvida, por exemplo, na lâmina 163, onde o calcário é, em geral, pobre em clásticos insolúveis (menos de 5%), mas aparecem concentrações em pequenas "bolsas" de 2 a 4 mm de dimensão maior. As "bolsas arenosas" na lâmina 189 variam de 2 a 3 mm até 6 mm, e os tamanhos das partículas clásticas nelas contidas de 0,04 até 0,08 mm. Na lâmina 238, onde a porcentagem de clásticos é, em geral, de 15 a 20%, aparecem concentrações em "bolsas" de até 40%.

Fenômeno interessante é a associação entre a silicificação e as zonas de "bolsas arenosas" nos calcários dessa formação. Freqüentemente nas lâminas foram vistas silicificações por calcedônia fibrosa em calcários, mais desenvolvidas dentro das bolsas do que no espaço entre as "bolsas arenosas".

Detalhe interessante de se verificar também é a passagem do contato entre as "bolsas arenosas" e o cimento; de um

modo geral os contatos pareceram ser mais ou menos transicionais do que bruscos.

Analogamente às "bolsas arenosas", em algumas lâminas como 131 e 163, apareceram áreas de constituição diferente em relação à massa, somente que neste caso aparecem também verdadeiras "bolsas" de calcário puríssimo de granulação fina e recristalizada.

No mínimo 15 lâminas, entre as 95 examinadas para verificação de detalhes microscópicos, apresentaram concentrações de grãos de clásticos em "bolsas arenosas" (Fotos 39 e 40).

A origem dessas estruturas é problemática, quanto ao tempo de sua formação, singenética, contemporânea à sedimentação, ou epigenética penecontemporânea. É possível que sejam penecontemporâneas, ligados aos processos diagenéticos que, por sinal, são muito efetivos na litificação dos sedimentos carbonáticos. Admite-se esta hipótese tendo em vista a relação mais ou menos íntima que parece existir, entre a citada estrutura e as áreas de recristalização diagenética preferencial. Durante a diagênese os grãos de clásticos, inicialmente distribuídos mais ou menos caoticamente, poderiam ter sido segregados em áreas preferenciais.

5.2.6 - Calcita e calcedônia aureoladas

Nas lâminas de amostras como 199, 229C, 245, 247 e algumas outras, os grãos detríticos de quartzo e quartzito se acham envoltos por uma auréola de cristais calcíticos melhor desenvolvidos, em geral dispostos com a maior elongação perpendicular ao contorno dos grãos detríticos.

Esse fato se destaca mais quando os grãos detríticos com calcita aureolada se acham no meio de calcita excessivamente fina, dos tipos cripto ou microcristalino, devido ao contraste por diferenças de graus de cristalinidade.

Na lâmina 160, devido ao desenvolvimento da silicifi

cação por calcedônia no contato entre a área da calcita mais grosseira, mais restrita e calcita criptocristalina, mais generalizada, foi originada uma estrutura análoga às auréolas calcíticas, somente que neste caso constituídos de calcedônia fibrosa envolvendo zona calcítica (Foto 41).

5.2.7 - Microporosidade

A microporosidade é presente em, no mínimo, 7 lâminas das 95 examinadas.

Os microporos são, em geral, de dimensões de frações de milímetros e de formas irregulares. Em certos casos são estruturas de dissolução, e em outros casos são originados por espaços deixados entre os cristais em estruturas de geodos. Quando associados a geodos, como nas lâminas 152, 173A e 173B, chegam a apresentar dimensões ligeiramente maiores do que nos primeiros casos, e com formas mais regulares (Foto 36).

5.2.8 - Corrosão de grãos de quartzo e quartzito

O fenômeno de corrosão de grãos detríticos, principalmente de quartzo e quartzito, por ação da calcita circundante dá origem às bordas denteadas aos detritos dessa natureza.

Principalmente nos casos de grãos de quartzito o fenômeno de corrosão é aparentemente mais efetivo. Assim, por exemplo, na lâmina 126, nota-se que os grânulos de quartzito estão muito fraturados, sendo as fraturas preenchidas por veios de calcita ou mesmo de quartzo secundário. Em alguns casos nota-se uma passagem de grãos de quartzo, constituintes do quartzito, para calcedônia fibrosa na borda. Na lâmina 168, por exemplo, grânulos de quartzito apresentam-se completamente fragmentados e com as fraturas preenchidas por calcita cristalina secundária.

Em 95 lâminas de calcários da Formação Bauru foram encontradas, no mínimo, 6 com evidências nítidas de que esse

fenômeno afetou os grãos detríticos de quartzo e quartzito (Foto 35). A origem do fenômeno está nas diferenças de condições de pH em que a calcita e o quartzo se encontram em equilíbrio, isto é, as condições de pH ácido, quando o quartzo se encontra em situação de melhor estabilidade, correspondem a situação de menor estabilidade para a calcita e vice-versa, sendo o fenômeno acelerado pela presença da água.

5.2.9 - Estruturas coloformes

Pelo menos 5 das 95 lâminas de amostras de calcários examinadas aqui, exibiram estruturas de lâminas paralelas e sinuosas, de diferentes tonalidades, que lembram mecanismos pelos quais podem passar as substâncias em estado coloidal durante os processos diagenéticos desse tipo de rochas.

Essas estruturas foram mais nitidamente verificadas nas lâminas 207A, 228C, 237 e 238, que foram originadas durante a própria precipitação ou mobilização diagenética de materiais carbonáticos coloidais. Na lâmina 238 separam áreas de constituição ligeiramente diferentes, e neste caso parece ser mais um fenômeno diagenético talvez sem passagem pelo estado coloidal.

6 - RESÍDUOS INSOLÚVEIS EM ÁCIDO CLORÍDRICO

6.1 - Finalidades do estudo

O principal objetivo do estudo de resíduos insolúveis de calcários foi a observação da natureza dos componentes clásticos e não clásticos insolúveis em ácido clorídrico diluído.

A importância desse estudo reside na possibilidade de sua utilização para se dizer algo sobre as condições de sedimentação do calcário, principalmente em interpretações integradas com resultados de outras análises de laboratório e observações durante os levantamentos de campo.

Além disso, como se fez com os outros parâmetros se

dimentológicos, teve-se em mente confrontar os resultados de materiais provenientes de áreas geográficas diferentes.

Os resíduos insolúveis separados foram considerados separadamente em duas granulações diferentes, isto é, uns maiores e outros menores que 0,062 mm. As partículas menores que 0,062 mm abrangem as frações sílticas e argilosas, e entre as partículas maiores do que 0,062 mm tem-se as frações arenosas de granulação máxima até areia fina (0,250--0,125 mm), já que somente os materiais que passaram pela peneira de 0,250 mm foram utilizados no estudo de insolúveis.

6.2 - *Método de trabalho e material analisado*

A partir do material que passou pela peneira de 0,250 mm de diâmetro tomou-se para cada amostra uma alíquota de 25 g, que constitui o peso inicial para a análise de resíduos insolúveis de todas as amostras de calcários da Formação Bauru.

A esta fração, em um béquer de 500 ml, foram adicionados 100 ml de água distilada, tratando-se em seguida a mistura com ácido clorídrico diluído a 20% em volume, acrescentando-se inicialmente 100 ml. Em fases sucessivas, após término de efervescência, foram adicionados mais 100 ml daquele ácido diluído, chegando-se no final a um volume total de cerca de 400 ml, depois de acrescentar por três vezes, volumes iguais de 100 ml de ácido.

Após isso, quando ocorria a cessação da efervescência, as amostras foram testadas com hidróxido de bário diluído, comprovando-se assim se ainda havia ou não carbonato de cálcio residual. Se tal sucedesse a reação estaria em prosseguimento e o gás carbônico desprendido reagiria com o hidróxido dando um precipitado branco de carbonato de bário.

No momento em que tal reação resultava negativa, foram adicionadas algumas gotas de hidróxido de amônia diluído até a neutralização.

Após a neutralização foram feitas lavagens sucessi

vas do resíduo insolúvel com água aquecida até 70°C, em filtração a vácuo em funil de Büchener, usando-se trompa de água.

O resíduo insolúvel retido no papel de filtro para cada amostra foi colocado em uma proveta graduada de 1 000ml, completando-se a água até 400 ml, e depois efetuando-se a uniformização da suspensão por agitação.

Após decorridos 30 minutos de repouso, parte do material ainda em suspensão, foi retirada com um sifão e colocada em placa de Petri. Nessa suspensão foi mergulhada uma lâmina de vidro, previamente numerada, pesada e lavada em solução diluída de ácido nítrico a 5%. Após 5 horas de repouso as lâminas foram retiradas com película de material argiloso, que foi deixada secar a temperatura ambiente. Estas lâminas, após pesagem para determinação de peso do material sobre elas depositado, foram submetidas à determinação mineralógica de argila pelo processo de difração de raios X.

Os materiais restantes da placa de Petri e da proveta, depois de misturados, foram submetidos à separação, por via úmida em peneira de 0,062 mm, obtendo-se assim uma fração de partículas maiores (areias) e outras menores (siltes e argilas) do que aquela malha.

Essas frações, após filtradas e secas em estufa a 60°C, foram somadas com as parcelas depositadas sobre as lâminas obtendo-se assim o peso total do resíduo insolúvel em ácido clorídrico diluído nas amostras de calcário e alguns arenitos muito carbonáticos.

Um total de 112 amostras provenientes da Formação Bauru foi submetido a análise de resíduos insolúveis ao ácido clorídrico diluído. Desse total, 25 amostras são de nódulos carbonáticos e o restante é constituído de calcários mais ou menos arenosos e menor número de arenitos carbonáticos.

Entre as 112 amostras submetidas ao estudo de resí

duos insolúveis tem-se os seguintes grupos, conforme as proveniências das mesmas:

a) 48 amostras de afloramentos da região de Uberaba (MG);

b) 12 amostras da região de Frutal e Prata (MG) e Rio Verde e Jataí (GO);

c) 11 amostras de testemunhos de sondagens da área do Buracão da região de Ponte Alta (Município de Uberaba, MG);

d) 15 amostras da região de Agudos e Piratininga (SP);

e) 25 amostras de nódulos carbonáticos coletados ao longo das rodovias SP-294 e SP-333, entre Bauru e Herculândia e entre Guarantã e Echaporã, passando por Marília, respectivamente, todas cidades do Estado de São Paulo.

6.3 - *Resultados obtidos*

6.3.1 - Freqüência de resíduos insolúveis

Os resultados obtidos podem ser vistos nas Figuras 51 e 52.

Para se evitar que outras substâncias, que não seja o carbonato de cálcio fosse solubilizado, foi usado ácido clorídrico com baixa concentração, de modo que será considerado aqui que somente este foi solubilizado pelo tratamento.

Assim, pode-se considerar que a parte solúvel seja constituída predominantemente de carbonato de cálcio, e admitindo-se também que o teor de 50% seja o limite acima do qual se tem os calcários, os resultados mostraram que apenas 10 das 112 amostras analisadas não merecem tal designação, e portanto, não passam de arenitos muito carbonáticos.

Os calcários da região de Uberaba, em amostras coletadas em superfície, mostraram uma composição média de 78,84% de solúveis, 11,35% de grãos insolúveis menores que 0,062 mm e 9,81% de insolúveis maiores que 0,062 mm. Enquanto isso,

os valores máximos para esses mesmos componentes foram de 99,08% (amostra 182), 44,00% (amostra 113) e 37,64% (amostra 115), respectivamente. Os valores mínimos foram para os mesmos constituintes, de 51,28% (amostra 181B), 0,92% (amostra 182) e 0% (amostras 113, 124, etc.).

As amostras de testemunhos de sondagem da área de Buracão (Ponte Alta) acusaram uma constituição média de 79,63% de solúveis, 11,67% de partículas insolúveis menores que 0,062 mm e 8,70% de partículas insolúveis maiores que 0,062mm. Os valores máximos para os mesmos componentes foram de 99,44% (amostra da sondagem 32B: 40,40 m), 17,20% (amostra da sondagem 34B: 28,70 m) e 20,80% (amostra da sondagem 32B: 18,50m), respectivamente. Os valores mínimos foram de 64,00% (amostra 34B: 28,70 m), 0,56% (amostra 32B: 40,40 m) e 0% (amostras 32B: 40,40 m e 38B: 46,80 m), respectivamente.

Pelos resultados acima pode-se ver que praticamente não há diferenças na composição de calcários em materiais solúveis e insolúveis entre as amostras de superfície, coletadas em afloramentos e frentes de exploração de pedreiras, e de subsuperfície, provenientes de testemunhos de sondagens da CCPPA. Além disso, os calcários podem atingir, localmente, cifras superiores a 99% de $CaCO_3$, tanto em amostras de superfície como em subsuperfície.

Por outro lado, os calcários da região de Frutal e Prata (MG) e de Rio Verde (GO) mostraram-se, em média, mais pobres em $CaCO_3$, e portanto mais ricos em frações síltico-argilosas e arenosas do que os da região de Uberaba. As análises de insolúveis dessas amostras indicam uma média de 71,82% de $CaCO_3$, 18,84% de insolúveis menores que 0,062 mm e 9,34% de insolúveis maiores que 0,062 mm. Os valores máximos encontrados para os mesmos componentes foram de 88,38% (amostra 207), 27,16% (amostra 184) e 37,64% (amostra 187), respectivamente. Os mesmos componentes mostraram os seguintes valores mínimos: 54,72% (amostra 209), 7,32% (amostra 187) e 0% (amostras 184 e 190), respectivamente.

As amostras de calcários da região de Agudos, no Estado de São Paulo, próximo a esta cidade e também nas cercanias de Piratininga, Borebi e Santa Cruz do Rio Pardo, mostraram teores médios de $CaCO_3$ inferiores às duas regiões precedentes, enquanto que a porcentagem de insolúveis arenosos, em contraposição sofreu um incremento considerável. Assim, os valores médios foram de 69,36% de $CaCO_3$, 9,01% de insolúveis mais finos que 0,062 mm e 21,63% de insolúveis mais grosseiros que 0,062 mm. Os teores máximos para esses mesmos componentes foram de 89,16% (amostra 242), 11,44% (amostra 229) e 41,40% (amostra 233), respectivamente. Os valores mínimos foram de 51,48% (amostra 233), 4,28% (amostra 239) e 0% (amostra 242), respectivamente.

As amostras de nódulos carbonáticos, também coletadas no Estado de São Paulo, exibiram teores médios de $CaCO_3$ inferiores a todos os calcários até aqui considerados. No entanto, das 25 amostras analisadas, somente 3 apresentaram teores de $CaCO_3$ inferiores a 50%. Os valores médios de composição acusaram 63,78% de $CaCO_3$, 15,09% de partículas insolúveis menores que 0,062 mm e 21,13% de partículas maiores que 0,062 mm. Portanto, os nódulos carbonáticos são tão arenososo quanto aos calcários da região de Agudos e, além disso, mais argilosos do que aqueles. Os valores máximos para as mesmas substâncias foram de 80,92% (amostra 258B), 28,80% (amostra 326) e 35,76% (amostra 323). Os teores mínimos foram de 50,08% (amostra 326), 9,24% (amostra 253B) e 5,92% (amostra 344).

Em suma, pode-se dizer que os calcários da Formação Bauru são, em geral, mais puros na região de Uberaba, onde também apresentam-se com maior possança, e praticamente não há diferenças de composição entre as amostras de superfície e de subsuperfície daquela região.

Os teores de $CaCO_3$ decaem para os calcários de Frutal e Prata (MG) e Rio Verde-Quirinópolis (GO) e, ainda mais, pa

ra os da região de Agudos (SP). A maior parte dos nódulos são verdadeiros calcários e a sua composição em insolúveis se aproxima mais dos calcários da região de Agudos.

Outro fato observável nas Figuras 51 e 52, já mencionadas, é que quando os calcários possuem apenas um conjunto granulométrico de insolúveis, eles se limitam aos resíduos síltico-argilosos (partículas menores que 0,062 mm). Além disso, quanto mais puros os calcários maior é a tendência generalizada para predominância relativa das frações síltico-argilosas em relação às frações arenosas. E, por outro lado, em calcários cada vez mais impuros ocorre uma tendência para essa predominância relativa passar para os resíduos insolúveis arenosos.

6.3.2 - Composição mineralógica dos insolúveis

As partículas mais grosseiras do que 0,062 mm, que definem as classes de areia dos resíduos insolúveis, são constituídas predominantemente de grãos de quartzo. Em menor parcela são verificados vários tipos de minerais pesados, raros grãos de quartzito, feldspatos e restos de núcleos de silicificação por calcedônia.

As partículas menores do que 0,062 mm foram analisadas, quanto ao conteúdo em minerais de argila, pelo processo de difração de raios X. Assim foram determinadas 89 amostras, sendo 35 da região de Uberaba, 10 das sondagens da área de Buracão, 10 da região oeste de Uberaba, 11 da área de Agudos e 23 de nódulos carbonáticos coletados ao longo das seções geológicas SG-3 e SG-4.

Os resultados dessas determinações mineralógicas acham-se resumidos nas Figuras 53a e 53b. De um modo geral puderam ser constatados os seguintes fatos:

a) ocorrem 7 tipos de minerais de argila, quais sejam: atapulgita, illita, caolinita, clorita, montmorillonita, e, mais duvidosamente sepiolita e vermiculita em raras amostras.

b) Os minerais absolutamente predominantes nas amostras são a atapulgita e a illita, pois, considerando-se a soma das amostras com praticamente só atapulgita (15 amostras), com grande predominância de illita (13 amostras) e aquelas formadas quase que somente pela mistura dos dois minerais juntos (30 amostras) tem-se 58 amostras, o que corresponde a quase 2/3 do total analisado.

c) Na área de Uberaba a mineralogia das amostras de superfície foi, em geral, menos variada do que nas dos calcários coletados em subsuperfície.

d) No Estado de São Paulo, aparentemente, o número de variedades de minerais de argila é maior nos nódulos carbonáticos do que nos calcários arenosos, mas os minerais fundamentais presentes nesses nódulos são os mesmos dos calcários.

e) Os resultados estão de acordo com a afirmação de SOUZA SANTOS (1966: 70, vol. 1), segundo a qual os calcários e dolomitos podem conter qualquer tipo de argilo-mineral, com exceção da caolinita, que é pouco comum nesses tipos de rochas.

7 - COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE CARBONO E OXIGÊNIO

Composições isotópicas de carbonatos em oxigênio e carbono têm sido usadas para distinguir entre calcários depositados em ambiente marinho e em água doce.

CLAYTON e DEGENS (1959), estudando 30 amostras de sedimentos carboníferos dos Estados Unidos, encontraram uma diferença média de 6 o/oo no δC^{13} dos dois ambientes. KEITH e WEBER (1964) efetuaram um estudo mais minucioso, analisando 504 amostras de idades variando desde o Pré-cambriano até o Quaternário e estabeleceram um limite arbitrário de - 2 o/oo para diferenciar calcários depositados em ambiente marinho e em água doce. Quando os valores de δC^{13} estiverem situados

entre - 2,00 o/oo a + 6,00 o/oo indicariam ambiente marinho, e entre - 2,00 o/oo a - 8,00 o/oo seriam sugestivos de ambiente continental (informações verbais de I. Friedman).

A composição isotópica de oxigênio também pode fornecer informações sobre o ambiente geológico de sedimentação. Sabe-se, por exemplo, que as águas meteóricas tendem a apresentar valores de δo^{18} mais negativos do que a média dos oceanos, enquanto que águas que sofrem evaporação tendem a ser isotopicamente enriquecidas, isto é, mostram um incremento em δo^{18}. Em virtude deste fato foram analisadas amostras de caliche do deserto da África, para o qual se admite um ambiente genético de intensa evaporação. Além disso, as abundâncias relativas dos isótopos de oxigênio variam ligeiramente, porém perceptivelmente, com a temperatura.

A natureza continental dos calcários da Formação Bauru é indiscutível. Não somente a evolução paleogeográfica da Bacia do Paraná, até atingir o estágio de deposição dessa formação, mas também o seu conteúdo paleontológico e as características sedimentológicas dos depósitos indicam ambiente de água doce. No entanto, as amostras de rochas carbonáticas e calcários dessa formação foram submetidas a análises isotópicas de carbono e oxigênio, principalmente para se ter uma idéia do tipo de variação, na composição isotópica, presente nos registros geológicos de depósitos continentais e, ao mesmo tempo, testar alguns conceitos de geologia de isótopos.

7.1 - Método de análise

As amostras de calcários foram inicialmente britadas até atingir dimensões de fragmentos de 0,50 cm e, em seguida, moídas e passadas pela peneira de 100 meshes (0,149 mm).

A decomposição dessas amostras, a fim de extrair o dióxido de carbono para análise isotópica do oxigênio e do carbono, foi efetuada pelo método comumente adotado, por intermédio de ácido fosfórico a 100% a temperatura de 25°C

(McCREA, 1950).

O dióxido de carbono liberado pelas amostras foi analisado para massas 45 e 46 em um espectrômetro de massa Varian Mat, modelo CH-4, pertencente ao CENA (Piracicaba,SP).

Para a maioria das amostras foram feitas duas medidas e as composições isotópicas dessas medidas em duas diferentes preparações de CO_2 foram expressas em termos de δ como desvio em partes por mil de CO_2 padrão PDB Chicago, segundo a fórmula:

$$\delta = \frac{R(\text{amostra}) - R(\text{padrão})}{R\ (\text{padrão})} \times 1000$$

onde $R = C^{13}/C^{12}$ ou O^{18}/O^{16}.

Sobre as médias encontradas foram aplicadas as correções para a influência de O^{17} sobre $\delta\ C^{13}$ e para a influência de C^{13} sobre $\delta\ O^{18}$. Nessas correções foram adotadas as equações 3 e 4 de CRAIG (1957):

$$\delta_c\ C^{13} = 1{,}0676\ \delta_m - 0{,}0338\ \delta\ O^{18}$$

$$\delta_c\ O^{18} = 1{,}0014\ \delta_m + 0{,}009\ \ \delta\ C^{13}$$

Algumas amostras mais magnesianas foram submetidas à análises das frações de calcita e dolomita. Para essas amostras o CO_2 liberado durante as primeiras 4 horas de reação foi eliminado por bombeamento e somente o CO_2 liberado durante o intervalo de 4 a 72 horas foi utilizado para se obter a composição isotópica relativa à dolomita segundo o processo de EPSTEIN e outros (1964). Os valores de O^{18} da dolomita foram corrigidos por um fator 0,8 $^o/oo$ (SHARMA e CLAYTON, 1965). O erro nas determinações não deve ser superior a $\pm$ 0,20 $^o/oo$.

Considerando-se que as amostras foram moídas cerca de 3 meses antes das determinações, embora depois tivessem fica

do acondicionadas em frascos bem fechados, temeu-se a influência da umidade atmosférica que talvez pudesse acarretar fracionamentos isotópicos modificando as composições originais. Para se eliminar esta dúvida, quatro amostras (124, 128, 228 e 245) foram repetidas, tomando-se a precaução de conservar as amostras moídas dias antes da medida, em dessecador. Os resultados dessas novas determinações indicaram em três amostras, diferenças em δo^{18} e δC^{13} da ordem de 0,20 a 0,30, tendo sido notado diferença maior de 0,60 o/oo só no δC^{13} da amostras 128. Estes resultados permitem considerar como mínimas ou praticamente inexistentes as influências de troca isotópica posterior nas amostras aqui analisadas, talvez porque tivessem sido conservadas em vidros bem fechados com tampas de plástico, após a moagem.

7.2 - *Material analisado*

O material analisado é composto de 29 amostras de superfície (coletadas em cortes de estrada e em pedreiras,como foi anteriormente referido), das quais 16 provêm da região de Uberaba, 5 da região de Uberaba e sul de Goiás e 8 amostras do Estado de São Paulo. Dessas amostras, as de número 124 a 133 foram coletadas na pedreira nº 2 da CCPPA.

Foram analisadas também 10 amostras provenientes de testemunhos de sondagens da área de Buracão (Ponte Alta, MG). Esses testemunhos são de várias profundidades, desde um mínimo de 17,00 m (furo F32B) até a segunda amostra do furo F38B de 51,00 m de profundidade.

Amostras de depósitos carbonáticos tipo caliche, provenientes do deserto de Moçâmedes (África) também foram analisadas para confrontar os resultados com os dos calcários da Formação Bauru.

As amostras da Formação Bauru são as mesmas que foram submetidas a outros tipos de estudos, tais como, de microscopia, de resíduos insolúveis, análises químicas, etc.

(Tabelas 1 e 6).

7.3 - *Resultados encontrados*

7.3.1 - Valores numéricos

Na Tabela 6 podem ser vistos os resultados encontrados em cada uma das amostras analisadas, e vários fatos podem ser constatados do exame da tabela acima:

a) a região de Uberaba, representada por 16 amostras, apresenta os menores valores médios (resultados mais negativos) de δC^{13} e δO^{18}, e os resultados encontrados nas amostras de superfície são praticamente iguais a aqueles correspondentes a testemunhos de sondagens. Este fato indica que análises efetuadas em materiais coletados em afloramentos, quando as amostras forem suficientemente inalteradas, fornecem resultados válidos.

Por outro lado, as 5 amostras da região oeste de Uberaba e sul de Goiás e as 8 amostras do Estado de São Paulo exibem valores médios de δC^{13} muito próximos entre si (-7,02 e -7,73, respectivamente), e muito diferentes daqueles encontrados para a região de Uberaba. As médias para δO^{18}, apresentando valor - 4,63 $^{o}/oo$ para a região oeste de Uberaba e - 5,43 para o Estado de São Paulo são também similares, embora correspondam a resultados mais diferentes entre si do que no caso do carbono.

b) Quanto aos valores mínimos (- 10,32 para δC^{13} na amostra 124 e - 6,69 para δO^{18} nas amostras 114 e 127) acham-se pouco afastados das médias, mas os valores máximos (- 5,69 para δC^{13} na amostra 64 e - 4,01 para δO^{18} na mesma amostra) são muito diferentes das médias em amostras de superfície da região de Uberaba. É importante notar que os valores máximos, tanto para δC^{13} como para δO^{18} correspondem a mesma amostra, que por um problema qualquer, parece apresentar valores talvez anômalos.

Considerando-se as amostras de testemunhos de sonda

TABELA 6

COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE δC^{13} E δO^{18} EM $^{o}/oo$ DE CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO BAURU E ALGUMAS AMOSTRAS DE OUTRAS PROCEDÊNCIAS ANALISADAS PARA COMPARAÇÃO

AMOSTRA	TIPO DE ROCHA	LOCALIDADE	δO^{13} ($^{o}/oo$)	δO^{18} ($^{o}/oo$)
2	Calcário brechóide nodular	SC-1 (BR-262)	-9,51	-6,42
64	Calcário impuro recristalizado	SC-4 (BR-050)	-5,69	-4,01
78	Calcário conglomerático	SC-7 (BR-050)	-9,27	-6,10
113	Calcário heterogêneo brechóide	BR-262 para CCPPA	-9,10	-6,67
114	Nodular recristalizado	BR-262 para CCPPA	-9,77	-6,69
124	Granular silicificado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-10,32	-6,62
125	Calcário globóide recristalizado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-8,89	-5,91
127	Microcristalino impuro	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,93	-6,69
128	Cripto a microcristalino impuro	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,39	-6,52
129	Impuro, parte recristalizado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,15	-6,23
130	Heterogêneo, impuro e recristalizado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,48	-6,61
131	Bem recristalizado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,87	-6,66
133	Cristalino uniforme	Pedreira nº2 (CCPPA)	-9,89	-6,61
146	Nodular arenoso e recristalizado	Pedreira J3 (CCPPA)	-8,77	-5,91
181A	Maciço microcristalino	Faz.São José (CCPPA)	-9,51	-5,96
181B	Globóide silicificado	Faz.São José (CCPPA)	-9,27	-6,15
185	Arenoso, parte nodular	SC-15 (BR-153)	-5,80	-2,11
190	Arenoso, parte recristalizado silicificado	Morrinhos de Prata(MG)	-6,85	-4,14

TABELA 6 (continuação)

AMOSTRA	TIPO DE ROCHA	LOCALIDADE	δC^{13} (°/oo)	δO^{18} (°/oo)
195	Heterogêneo, arenoso	C.Dourada-Ituiutaba(MG)	-7,39	-5,46
203	Muito silicificado(calcedônia)	C.S.Simão-Jataí(GO)	-7,51	-5,21
209	Nodular arenoso	R.Verde-Quirinópolis(GO)	-7,54	-6,23
228	Arenoso, parte recristalizado	Piratininga(SP)	-7,88	-5,29
231	Recristalizado, nodular	M.Serrana-Agudos(SP)	-7,63	-5,18
235	Nodular e arenoso	M.S.João-Agudos(SP)	-7,73	-5,73
239	Cristalino, arenoso	Faz.São José-Borebi(SP)	-7,34	-4,90
240	Nodular, arenoso e recristalizado	Faz.São José-Borebi(SP)	-8,49	-6,32
245	Muito arenoso e recristalizado	Faz.S.Rita-Agudos(SP)	-7,87	-5,46
258B	Globóide arenoso recristalizado	Trevo de Duartina(SP)	-7,10	-5,23
345	Muito arenoso silicificado	Faz.Cocais-S.C.R.Pardo(SP)	-7,82	-5,34
F32B:18,50m	-	Buracão - CCPPA	-9,67	-6,08
F34B:28,70m	-	Buracão - CCPPA	-9,86	-6,83
F34B:24,83m	-	Buracão - CCPPA	-9,61	-6,69
F36B:22,20m	-	Buracão - CCPPA	-9,58	-6,26
F36B:37,20m	-	Buracão - CCPPA	-9,73	-6,19

TABELA 6 (continuação)

AMOSTRA	TIPO DE ROCHA	LOCALIDADE	δC^{13} (°/oo)	δO^{18} (°/oo)
F32B:23,00m	-	Buracão - CCPPA	-9,47	-6,13
F32B:40,40m	-	Buracão - CCPPA	-10,12	-6,62
F32B:17,00m	-	Buracão - CCPPA	-9,33	-6,52
F38B:46,80m	-	Buracão - CCPPA	-10,02	-6,66
F38B:51,00m	-	Buracão - CCPPA	-10,00	-6,65
417/3	Caliche	África	-0,13	-0,59
416/255	Caliche	África	-4,16	-1,06
440/3A	Caliche	África	-4,29	-2,01
416/235*	Caliche	África	-7,08	-7,47
416/241*	Caliche	África	-5,68	-5,80
64*	Impuro e recristalizado	SC-4 (BR-050)	-8,16	-3,70
125*	Globóide e recristalizado	Pedreira nº2 (CCPPA)	-8,03	-3,64
146*	Nodular arenoso e recristalizado	Pedreira J3 (CCPPA)	-7,92	-3,60

* Calcário dolomítico.

gens, os resultados mínimos (- 10,12 para δC^{13} na amostra de 40,40 m de profundidade do furo F32B e - 6,83 para δO^{18} na amostra de 28,70 m de profundidade do furo F34B) indicam valores muito próximos das respectivas médias que são de - 9,74 $^{o}/oo$ e - 6,46 $^{o}/oo$, para δC^{13} e δO^{18}. Os valores máximos (- 9,33 para δC^{13} na amostra de 17,00 m de profundidade do furo F32B e - 6,08 para δO^{18} na amostra de 18,50 m de profundidade do furo F32B) também estão muito próximos das respectivas médias.

As amostras da região oeste de Uberaba e do Estado de São Paulo, embora os valores fujam um pouco das respectivas médias, apresentam valores máximos e mínimos mais próximos entre si do que as amostras da região de Uberaba.

As amostras de caliche indicam valores máximos e mínimos que se afastam completamente das respectivas médias, tanto para o caso de δC^{13} como para δO^{18}.

7.3.2 - Significado paleoambiental

KEITH e WEBER (1964) desenvolveram um processo gráfico de interpretação de ambientes e estabeleceram áreas cujas composições isotópicas são típicas de registros geológicos carbonáticos de água doce ou de ambiente marinho, e o limite arbitrário entre os dois ambientes situa-se no valor $\delta C^{13} = - 2,00$ $^{o}/oo$.

Nas Figuras 54 e 55 têm-se as representações gráficas de distribuição dos valores de δC^{13} em função de δO^{18} para as amostras analisadas de calcários da Formação Bauru.

Verifica-se na Figura 54, que representa os resultados de amostras de superfície, que os pontos definiram duas áreas de concentração maior. Uma dessas áreas localiza-se exatamente dentro do retângulo que delimita os carbonatos de água doce, possuindo valores de δC^{13} entre - 7,00 e - 8,00 e δO^{18} entre - 5,00 e - 6,00. A outra área situa-se fora do retângulo, apresentando valores de δC^{13} entre - 9,00 e

- 10,00 e δO^{18} entre - 6,00 e - 7,00. Fato interessante de ser observado é que os pontos do segundo grupo representam, na sua maioria, amostras da região de Uberaba, enquanto que os pontos localizados dentro da área de valores típicos de carbonatos de água doce são predominantemente correspondentes a amostras oriundas do oeste de Uberaba, sul de Goiás e Estado de São Paulo.

Na Figura 55 estão representados os pontos correspondentes a 10 amostras de sondagens da região de Uberaba e 4 amostras de caliche da África. As amostras das sondagens superpuseram-se na mesma área de amostras de superfície da região de Uberaba, enquanto que os pontos ligados a caliche se apresentaram muito mais dispersos. As amostras de caliche estão de acordo com o ambiente em relação a razão C^{13}/C^{12}, pois o δC^{13} médio sendo - 3,91 (menor que o intervalo $\pm$ 2,00 que define o limite de sedimentos marinhos) está de perfeito acordo com o seu ambiente deposicional continental. Além disso, caracterizam-se pelo alto valor de δO^{18}, que pode ser atribuído à intensa evaporação, que é conhecida como sendo efetiva durante a formação desses depósitos (KNETSCH, 1937 e RUTTE, 1958). A amostra 417/3, por exemplo, apresentou valor de δO^{18} tão alto que chega a - 0,59 $^{o}/oo$.

A variação de composição isotópica em δC^{13} dos carbonatos pode estar ligada a sua origem. Dessa maneira, os valores de δC^{13} de calcários marinhos ficam restritos ao intervalo 0 $\pm$ 2,00 $^{o}/oo$. Por outro lado, se forem precipitados em ambiente de água doce, deve-se esperar δC^{13} sensivelmente mais baixo. Em virtude disso, em ambientes naturais é muito difícil ter-se calcários com valores de δC^{13} tão altos que cheguem a + 4,00 a + 18,00, e também dificilmente ter-se-ia valores tão baixos como - 10,00 ou - 12,00 $^{o}/oo$. Observando-se as Figuras 54 e 55, nota-se que a maioria das amostras da região de Uberaba, tanto de superfície como de subsuperfície apresentam valores muito baixos de δC^{13}, em

torno de - 10,00 o/oo fato que pode ser explicado somente pela alteração de composição isotópica inicial do calcário, durante os processos diagenéticos. As amostras de oeste de Uberra, sul de Goiás e Estado de São Paulo não apresentam valores superiores a - 8,00 o/oo. Este fato pode ser explicado, talvez pela menor intensidade de diagênese dos sedimentos carbonáticos do último grupo em relação à área de Uberaba.

Esses processos diagenéticos podem ter-se manifestado na alteração petrográfica dos calcários, não somente por processos de recristalização, mas também por fenômenos de silicificação, que em parte pode ser penecontemporânea a sedimentação e posterior diagênese. Essas feições foram, por sinal, observadas mais conspicuamente nas amostras da região de Uberaba do que nas amostras de Agudos.

7.3.3 - Composição isotópica de calcita e dolomita

O confronto de composição isotópica de oxigênio e carbono em carbonatos, onde coexistem a calcita e dolomita, tem sido objeto de investigação de muitos autores (DEGENS e EPSTEIN, 1962; DEGENS e EPSTEIN, 1964, e outros).

Em geral, os calcários da Formação Bauru não são muito dolomíticos e, só muito localmente, aparecem valores anormalmente altos de Mg) (consultar o item 8: "Composição Química"). Algumas dessas amostras foram escolhidas para análises isotópicas independentes na calcita e na dolomita.

Os resultados podem ser vistos na Figura 56, em confronto com dados de outros autores. Verifica-se que, as composições isotópicas de C^{13}/C^{12} e O^{18}/O^{16} são aproximadamente similares, tanto na fração calcítica como na dolomítica, pois nas amostras da Formação Bauru e nas amostras de outros autores (DEGENS e EPSTEIN, 1964), os pontos localizaram-se próximos a linha $\delta C^{13} = \delta O^{18}$, mas a maior parte das amostras possui a tendência de apresentarem valores sensivelmente maiores de δC^{13} e δO^{18} na fração dolomítica do que na calcítica.

7.3.4 - Conclusões

Embora os aspectos petrográficos microscópicos e macroscópicos (cor, textura nodular e/ou brechóide, composição arenosa e/ou conglomerática, silicificação parcial pela calcedônia, etc.), além da situação de campo, inclusive a forma do litossoma, sejam bastante sugestivas de uma deposição "tipo caliche" para os calcários da Formação Bauru, as análises de composições isotópicas não indicaram ambiente de evaporação muito intensa, que caracteriza normalmente a formação dos caliches. As amostras de caliche apresentaram valores em torno de - 2,00 o/oo para $\delta\ O^{18}$, enquanto que a maior parte dos calcários da Formação Bauru situou-se entre $\delta\ O^{18}$ = - 5,00 a - 7,00 o/oo.

Por outro lado, as composições isotópicas indicaram indiscutível origem de água doce para os calcários da Formação Bauru, fato sobejamente conhecido por outras evidências geológicas, vindo corroborar idéias anteriores. Além disso, ficaram definidos dois grupos de amostras: o primeiro grupo constituído pelas amostras da região de Uberaba que, talvez em virtude de processos diagenéticos, apresentam $\delta\ C^{13}$ PDB ligeiramente mais alto que o normal (tanto em superfície como em subsuperfície) de calcários com essa gênese e, segundo grupo formado pelas amostras do oeste de Uberaba e do Estado de São Paulo em que a maioria indicou relações isotópicas características de calcários de água doce segundo o gráfico de KEITH e WEBER (1964).

Por outro lado, valores de $\delta\ O^{18}$ mais baixos para a calcita do que para a dolomita, conforme indica a Figura 56, pode sugerir que tenha ocorrido uma troca isotópica dos calcários com águas meteóricas ou conatas, epigeneticamente. Como não foi verificada diferença importante na composição isotópica, entre as amostras de superfície e de subsuperfície, mesmo em testemunhos de mais de 50,00 m de profundidade, é de se supor que, se houve troca isotópica do tipo acima

mencionado, o agente foi a água conata e não meteórica.

8 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

8.1 - Métodos empregados

As análises por fluorescência de raios X foram executadas no aparelho marca "Philips", pertencente ao Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelo Dr. Marcos Berenholc. As análises químicas pelos processos convencionais foram feitas pelo Professor José Salvador Barone.

8.1.1 - Análise dos elementos maiores e menores

Os elementos maiores e menores foram analisados por fluorescência de raios X nas condições expostas na Tabela 7. Por não haver padrões adequados, e em virtude da variação dos teores dos elementos nas diversas amostras, foram analisadas por via química as amostras 64, 133, 163, 180, 181B, 245,249, F32B (18,5 m) e F34B (28,7 m), e com os resultados obtidos construiu-se uma curva padrão para cada um dos seguintes elementos: Fe, Mn, Ti, Ca, Al, Si e Mg. Para o K foi utilizado como padrão uma amostra contendo 0,25% de K_2O previamente analisada por fotometria de chama. As análises por via química foram efetuadas pelos métodos convencionais.

8.1.2 - Análise dos elementos traços

Os elementos traços também foram analisados por fluorescência de raios X, tendo sido utilizados como padrões as amostras W-1, GSP-1, BCR-1, AGV-1, PCC-1 e DTS-1, padrões internacionais da USGS ("United States Geological Survey").

Devido a variação da matriz entre as diferentes amostras, foram feitas correções utilizando-se a linha de base ("back-ground") (FAIRBAIRN e HURLEY, 1970), radiação Compton $K\alpha$ do tubo de Mo (REYNOLDS, 1963) e radiação $K\alpha$ do tubo de W. As condições utilizadas para o trabalho estão expostas

TABELA 7

CONDIÇÕES DE TRABALHO PARA DOSAGEM DE ELEMENTOS MAIORES E MENORES EM AMOSTRAS DE CALCÁRIO DA FORMAÇÃO BAURU PELO MÉTODO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Elemento	Tubo	Condições de excitação	Cristal	Contador	Raias analíticas	Atmosfera	Colimador
Fe	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino
Ti	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino
Mn	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino
K	Cr	40KV-36mA	EDDT	Proporcional de fluxo	Kα	Vácuo	Grosso
Ca	Cr	40KV-36mA	EDDT	Proporcional de fluxo	Kα	Vácuo	Grosso
Al	Cr	40KV-36mA	EDDT	Proporcional de fluxo	Kα	Vácuo	Grosso
Si	Cr	40KV-36mA	EDDT	Proporcional de fluxo	Kα	Vácuo	Grosso
Mg	Cr	40KV-36mA	ADP	Proporcional de fluxo	Kα	Vácuo	Grosso

Observações: a) As amostras moídas abaixo de 150 meshes foram prensadas com 10 a 15 ton/recipiente de Ø = 1/4" durante 10 segundos.

b) Foi utilizado o aparelho de fluorescência de raios X, marca Philips pertencente ao Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

TABELA 8

CONDIÇÕES DE TRABALHO PARA DOSAGEM DE ELEMENTOS TRAÇOS EM AMOSTRAS DE CALCÁRIO DA FORMAÇÃO BAURU PELO MÉTODO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Elemento	Tubo	Condições de excitação	Cristal	Contador	Raias analíticas	Atmosfera	Colimador	Correção de matriz
Ba	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	Linha de base
Zr	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kβ	Ar	Fino	Linha de base
Pb	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Lα	Ar	Fino	$W_{K\alpha}$
Zn	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	$W_{K\alpha}$
Cu	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	$W_{K\alpha}$
Ni	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	$W_{K\alpha}$
Cr	W	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	Linha de base
Sr	Mo	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	Mo Kα Compton
Rb	Mo	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	Mo Kα Compton
Ga	Mo	50KV-32mA	LiF-200	Cintilômetro	Kα	Ar	Fino	Mo Kα Compton

Observações:

a) Foi utilizado pó moído abaixo de 150 meshes sobre suporte de "mylar"

na Tabela 8.

8.2 - *Material analisado e preparação prévia*

Foram submetidas à análises químicas um total de 84 amostras, sendo 47 da região de Uberaba (região 1), 10 da região oeste de Uberaba, isto é, área de Frutal, Prata, etc. (região 2) e 17 do Estado de São Paulo (região 3). Todas essas amostras são de materiais coletados em superfície, sendo duas (amostras 253B e 258B) de nódulos carbonáticos. Foram analisadas também 10 amostras de testemunhos de sondagens da área de Buracão (Ponte Alta, MG).

O material submetido a análises possuia granulação menor que 100 meshes (o,149 mm), após britagem e moagens sucessivas conforme processamentos descritos em maiores pormenores no item 3.3 do Capítulo IV.

8.3 - *Elementos maiores e menores*

Foram determinados 8 elementos químicos maiores, na forma de seus óxidos, e a porcentagem de perda ao fogo.

Salvo algumas exceções, os teores dos elementos químicos principais não apresentaram grandes amplitudes de variações nas 84 amostras analisadas.

Para melhor visualização dos resultados discutidos a seguir deve-se recorrer ao exame da Figura 57, Tabelas 9 e 10.

8.3.1 - Porcentagem de perda ao fogo

A porcentagem de perda ao fogo corresponde, no caso, principalmente à perda de água de umidade e do CO_2 eliminado pela decomposição térmica do $CaCO_3$ e $MgCO_3$ e, em menor quantidade, a água de constituição dos minerais de argila presentes na forma de resíduos insolúveis ao HCl. Para estas determinações as amostras foram aquecidas em forno até 1 100°C durante 2 horas.

Foi notado que o caso mais freqüente (38%) foi re

TABELA 9

DADOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE AMOSTRAS DE CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO BAURU CONFORME ANÁLISES REALIZADAS PELO PROCESSO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Composição em elementos maiores e menores

Amostras de superfície da região de Uberaba: Região 1

AMOSTRA	P. F.	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3
2	35,33	1,01	0,05	0,34	3,22	43,39	0,40	12,03	3,37
64	30,76	3,15	0,05	1,30	10,73	15,60	0,89	28,92	8,22
78	35,90	1,12	0,02	0,37	2,59	39,76	0,59	12,84	4,80
113	30,84	3,29	0,07	1,43	5,49	26,76	1,44	23,93	5,94
114	42,32	0,30	0,01	0,17	1,49	50,31	0,10	4,24	1,17
115	28,88	2,95	0,05	1,33	4,50	23,66	1,05	28,42	7,98
123	31,67	2,15	0,02	0,78	7,44	24,47	0,40	26,35	6,18
124	39,76	0,78	0,02	0,28	3,84	40,00	0,19	12,06	2,56
125	44,08	0,30	0,02	0,13	9,71	42,71	0,07	2,53	0,65
126	37,38	1,36	0,02	0,61	4,16	39,04	0,44	13,52	3,20
127	41,81	0,26	0,01	0,12	1,15	50,64	0,10	4,81	1,24
128	32,58	1,86	0,04	0,48	4,15	32,37	0,73	20,48	6,35
129	24,62	2,93	0,13	0,96	6,00	18,98	0,94	34,32	10,02
130	35,51	1,19	0,02	0,52	4,03	38,27	0,37	16,54	3,17
131	42,58	0,14	0,01	0,10	0,72	53,04	0,02	2,29	0,67
132	36,05	0,21	0,02	0,08	3,29	43,46	0,02	15,14	0,40
133	42,20	0,32	0,01	0,19	2,78	49,17	0,08	3,87	1,35
146	40,51	1,10	0,03	0,36	7,85	38,51	0,48	7,67	2,16
148	42,57	0,30	0,01	0,12	1,19	50,72	0,12	3,46	1,12
149	41,89	0,44	0,01	0,16	1,09	48,84	0,18	5,25	1,64
150	33,02	1,38	0,03	0,65	2,07	38,30	0,69	16,85	5,60
152	39,44	0,58	0,02	0,18	1,78	45,18	0,35	9,21	3,17
154	38,34	1,15	0,02	0,45	3,52	40,71	0,55	10,92	3,60
156	38,77	0,78	0,01	0,34	2,27	43,84	0,38	9,69	2,88
158	42,43	0,23	0,01	0,12	1,03	51,84	0,09	3,33	0,78
159	40,70	0,52	0,01	0,20	2,86	44,15	0,15	9,21	1,80
160	41,13	1,00	0,02	0,32	3,17	44,55	0,45	6,78	2,25
162	34,59	2,03	0,03	0,66	2,64	36,27	1,00	16,77	6,03
163	38,56	0,75	0,01	0,28	2,35	43,42	0,20	11,67	2,38
164	43,22	0,21	0,01	0,11	1,12	50,71	0,06	3,06	1,00
166	41,69	0,56	0,01	0,19	1,87	45,97	0,16	7,25	1,98
167	40,04	0,80	0,02	0,15	4,52	38,01	0,18	12,59	2,09
168	42,09	0,42	0,01	0,18	1,62	48,22	0,25	4,98	1,02
171-A	38,24	1,19	0,24	0,30	7,40	36,23	0,59	11,60	3,45
171-B	37,95	1,21	0,14	0,28	5,02	38,83	0,48	12,80	3,28
173-A	35,08	1,52	0,04	0,36	4,18	32,59	0,45	20,66	5,39
173-B	38,96	0,85	0,05	0,25	3,32	41,01	0,35	12,85	2,81
175	42,42	0,36	0,01	0,14	2,43	46,74	0,08	6,85	1,30
176	39,25	0,92	0,02	0,18	4,43	37,80	0,72	13,50	3,10
178	41,26	0,17	0,01	0,09	3,72	48,24	0,04	5,80	0,47
180	36,13	1,56	0,02	0,42	4,65	33,27	0,40	19,46	3,71
181-A	42,51	0,52	0,02	0,16	9,32	30,90	0,12	14,89	1,50
181-B	27,00	2,11	0,02	0,54	7,81	29,35	0,41	26,74	5,60
182	43,65	0,23							
223	32,24	0,66	0,02	0,38	2,35	42,27	0,46	17,42	3,08
224	33,92	0,71	0,02	0,36	6,25	38,83	0,31	16,22	2,74
268	30,62	1,66	0,10	0,46	4,68	31,94	0,54	21,42	5,83

Amostras de sondagens da área do Buracão: Região 1

AMOSTRA	P. F.	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3
F-32B(17)	36,54	0,64	0,01	0,27	1,38	44,52	0,34	12,01	2,97
F-32B(18,5)	33,31	1,10	0,01	0,43	1,77	37,33	0,54	21,91	3,51
F-32B(23-23,1)	37,39	0,53	0,01	0,16	2,42	45,87	0,29	11,25	2,71
F-34B(24,83)	36,10	1,14	0,02	0,33	2,73	43,42	0,53	14,01	3,02
F-34B(28,70)	31,12	3,15	0,04	1,30	3,48	34,29	1,50	20,48	5,87
F-36B(22,20)	25,19	2,57	0,05	0,91	4,65	25,76	0,84	32,61	8,94
F-36B(37,20)	39,76	0,54	0,01	0,18	2,50	45,30	0,15	8,62	1,57
F-38B(46,80)	40,11	0,48	0,03	0,18	2,47	45,83	0,14	7,94	1,75
F-38B(48,57)	34,74	1,22	0,03	0,33		38,92			
F-38B(51,10)	33,94	1,47	0,02	0,42	3,28	38,57	0,69	17,49	3,86

Região oeste de Uberaba (Frutal e Prata, MG; Rio Verde e Jataí, GO): Região 2

AMOSTRA	P. F.	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3
184	39,21	0,86	0,02	0,24	2,99	42,15	0,33	10,93	2,72
185	28,88	3,64	0,06	1,36	4,47	30,07	0,94	24,45	6,00
187	34,43	2,09	0,07	0,73	6,12	32,85	0,74	17,03	4,02
189	33,74	1,04	0,07	0,31	3,48	33,79	0,36	20,73	5,65
190	39,17	0,99	0,02	0,34	3,78	42,73	0,23	9,52	2,20
194	36,95	0,88	0,02	0,26	3,24	39,42	0,27	13,91	3,05
195	39,27	1,14	0,01	0,36	5,78	38,42	0,05	12,77	2,54
199	40,87	1,49	0,04	0,41	15,35	27,72	0,45	11,11	2,56
207	41,78	0,75	0,03	0,24	5,76	43,01	0,09	6,58	1,38
209	32,95	2,19	0,07	0,58	6,35	29,92	0,22	24,93	3,52

Região oeste do Estado de São Paulo: Região 3

AMOSTRA	P. F.	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3
228	34,84	0,73	0,02	0,25	1,97	44,89	0,24	14,57	2,75
230	35,61	0,53	0,02	0,18	2,90	44,88	0,09	12,75	2,22
231	36,35	0,55	0,02	0,18	2,76	46,18	0,12	11,94	1,84
233	30,51	1,04	0,02	0,42	2,30	35,34	0,48	24,47	5,41
235	33,92	0,65	0,01	0,22	1,48	40,01	0,30	17,11	2,85
237	33,44	0,68	0,01	0,25	2,68	39,19	0,17	16,26	2,88
238	34,22	0,62	0,02	0,23	2,36	40,89	0,19	16,83	2,14
239	37,64	0,38	0,01	0,18	1,61	45,36	0,08	12,61	1,96
240	35,06	0,59	0,02	0,18	1,72	42,97	0,22	15,27	3,25
242	34,14	0,77	0,03	0,28	2,53	40,58	0,32	17,47	3,54
245	33,12	0,66	0,01	0,24	2,61	37,03	0,18	25,08	3,03
247	35,46	0,58	0,02	0,21	2,43	40,17	0,16	17,58	2,98
249	31,93	0,76	0,02	0,26	1,16	38,58	0,31	24,19	3,38
253-B(1)	36,90	1,11	0,11	0,19	2,02	40,55	0,39	13,89	4,62
257	31,58	1,56	0,11	0,28	2,30	34,63	0,67	19,15	8,27
258-B(1)	38,07	1,20	0,06	0,21	2,81	41,01	0,41	10,38	4,65
345	35,78	1,10	0,05	0,27	13,13	29,85	0,47	16,45	3,59

(1) Amostras de nódulos carbonáticos.

TABELA 9 (continuação)

Composição em elementos traços:

Amostras de superfície da região de Uberaba: Região 1

AMOSTRA	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Zr	Ba	Sr	Ga	Rb
2	16	5	14	21	25	70	580	1050	9	2
64	18	18	17	51	130	240	890	1280	11	20
78	6	115	3	190	23	160	20	200	6	19
113	23	32	32	57	320	180	2260	835	15	38
114	14	2	8	6	20	30	1420	190	11	2
115	17	47	91	46	57	140	4150	980	12	26
123	15	8	44	26	105	200	550	340	14	14
124	10	1	15	13	35	60	2500	490	10	4
125	10	13	35	12	30	30	175	1330	5	-
126	20	26	47	22	38	90	3700	520	12	11
127	11	10	22	6	24	30	450	210	7	1
128	16	29	43	27	37	170	880	390	4	26
129	30	18	21	31	65	310	2330	250	16	41
130	14	8	27	28	47	30	3220	470	3	14
131	11	1	1	6	12	30	2720	320	7	2
132	13	15	25	7	17	30	50	970	6	1
133	7	11	20	7	7	30	1100	200	7	4
146	13	12	21	22	67	60	5100	2650	8	1
148	16	10	19	5	10	30	40	180	9	8
149	11	11	20	8	11	30	140	250	3	9
150	17	12	10	17	37	210	1800	370	26	25
152	13	8	9	9	15	50	1520	550	1	10
154	8	17	20	13	35	120	130	480	12	16
156	11	8	12	14	30	110	3630	220	2	17
158	11	10	21	3	15	30	40	160	1	5
159	9	8	30	17	40	30	1160	400	1	7
160	10	14	19	24	23	40	690	620	7	14
162	12	23	30	34	31	80	3480	500	7	29
163	8	22	67	20	44	70	120	210	8	9
164	8	1	4	5	15	30	1130	340	7	5
166	17	3	13	9	18	40	1990	385	1	3
167	5	4	17	16	18	50	1170	220	7	6
168	33	5	10	8	21	50	1010	290	4	5
171-A	17	33	89	35	75	70	6200	2130	4	2
171-B	18	23	77	39	80	110	1140	1240	10	5
173-A	17	11	28	24	52	140	250	450	8	13
173-B	20	8	15	13	36	100	210	670	10	4
175	8	4	10	9	14	30	1050	290	9	1
176	10	14	19	16	29	30	420	1070	11	11
178	13	12	102	8	52	30	40	780	1	-
180	15	6	24	21	58	170	2600	570	8	10
181-A	11	13	38	12	41	30	3170	2060	10	-
181-B	7	61	144	28	72	170	1520	390	16	14
182	14	6	10	6	15	30	20	210	4	1
223	20	8	48	9	35	120	770	270	4	15
224	10	4	13	13	30	100	1990	350	2	8
268	22	11	27	29	137	160	470	520	11	17

Amostras de sondagens da área do Buracão: Região 1

AMOSTRA	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Zr	Ba	Sr	Ga	Rb
F-32B(17)	12	12	5	89	22	110	1550	310	9	12
F-32B(18,5)	14	20	4	88	26	110	1660	370	7	18
F-32B(23)	19	3	4	88	19	60	760	320	7	7
F-34B(24,83)	16	19	12	96	41	70	860	530	6	10
F-34B(28,70)	14	60	16	100	42	170	1700	230	4	40
F-36B(22,2)	18	16	11	95	62	210	1150	340	9	41
F-36B(37,2)	13	26	10	94	31	30	120	200	3	5
F-38B(46,8)	18	14	11	95	15	60	2650	320	5	2
F-38B(48,57)	15	17	14	98	29	110	3900	380	8	13
F-38B(51,10)	21	24	19	103	47	110	3000	340	2	21

Região oeste de Uberaba (Frutal e Prata,MG; Rio Verde e Jataí,GO):Região 2

184	8	13	37	18	43	60	2800	770	3	4
185	16	19	24	42	133	290	330	850	16	17
187	18	12	11	25	162	190	300	1400	8	5
189	11	12	28	10	26	90	300	300	6	8
190	17	10	17	18	36	100	900	1300	6	-
194	11	9	19	20	38	60	2070	640	10	6
195	8	16	40	20	57	60	130	460	10	1
199	2	17	44	40	50	50	210	1030	7	2
207	2	9	35	21	36	30	140	170	8	1
209	2	12	31	37	77	80	300	450	12	4

Região oeste do Estado de São Paulo: Região 3

228	18	7	36	11	40	130	150	1470	7	1
230	18	2	12	13	23	80	150	750	4	1
231	20	6	14	12	14	80	200	1040	5	1
233	26	5	7	14	30	170	260	1120	10	10
235	25	11	14	11	20	90	210	1330	6	1
237	19	4	7	14	24	130	270	850	3	2
238	19	27	40	12	35	160	250	1260	7	1
239	21	22	41	11	9	100	130	510	10	1
240	18	1	7	10	23	100	200	400	8	7
242	24	8	13	16	26	120	250	1800	5	1
245	16	7	39	11	23	100	180	880	6	2
247	19	6	19	13	13	80	200	1380	8	1
249	25	7	1	11	17	120	220	800	8	7
253-B(1)	32	32	52	15	13	80	180	630	5	10
257	34	25	27	19	22	160	350	820	10	17
258-B(1)	21	12	14	17	19	100	170	1200	7	6
345	23	3	13	21	50	180	300	1300	6	5

(1) Amostras de nódulos carbonáticos

TABELA 10

VALORES MÉDIOS DE TEORES EM ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇOS DE 84 AMOSTRAS DE CALCÁRIOS DE FORMAÇÃO BAURU CONFORME DIFERENTES ÁREAS DE PROCEDÊNCIA

Médias de teores de elementos maiores e menores:

Área e nº amostras	Perda ao fogo	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	MgO	CaO	K_2O	SiO_2	Al_2O_3	Total
Região 1 (47 am.)	37,67%	1,05%	0,03%	0,37%	3,91%	40,03%	0,38%	12,83%	3,18%	99,45%
Região 2 (10 am.)	36,72%	1,51%	0,04%	0,48%	5,80%	35,95%	0,37%	15,19%	3,36%	99,42%
Região 3 (17 am.)	34,62%	0,79%	0,03%	0,24%	3,87%	40,12%	0,28%	16,82%	3,49%	100,26%
Subsuf. (10 am.)	34,62%	1,28%	0,02%	0,45%	2,74%	39,98%	0,56%	16,26%	3,80%	99,71%

Médias de teores de elementos traços (em ppm)

Área e nº amostras	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Zr	Ba	Sr	Ga	Rb
Região 1 (47 am.)	14	16	30	22	46	88	1489	614	8	11
Região 2 (10 am.)	10	13	29	25	66	101	748	737	9	5
Região 3 (17 am.)	22	11	21	13	24	116	216	1038	7	4
Subsuf. (10 am.)	16	21	11	95	33	104	1735	334	6	17

presentado pela classe com perda entre 35 a 40%, enquanto que parcelas importantes correspondem também a calcários com perda entre 30 a 35% e 40 a 45%, que somam juntas 56% das amostras examinadas.

8.3.2 - Teor de Fe_2O_3

A moda da distribuição de teor de Fe_2O_3 situou-se entre 0,50 a 1,00%, perfazendo 37%, seguida pelas classes de amostras com 1,00 a 1,50% e 0 a 0,50%.

O teor mínimo verificado foi de 0,17% (amostra 178) e o máximo de 3,64% (amostra 185). Os valores médios, segundo as diferentes regiões, estiveram entre 0,79% (região 3)e 1,51% (região 2).

8.3.3 - Teor de MnO

Em geral as amostras são pobres em MnO, sobressaindo a classe com 0 a 0,05% (86% dos casos). O valor máximo de 0,24% corresponde a amostra 171A.

O teor mínimo foi de 0,01% (amostras 114, 127, etc.). De acordo com as diferentes regiões, as médias indicaram valores desde 0,02% (amostras de sondagem da região 1) até 0,04% (região 2).

8.3.4 - Teor de TiO_2

Os casos mais freqüentes de teores estão entre 0 a 0,50% de TiO_2, perfazendo 83% do total de amostras analisadas.

As médias, segundo as diferentes regiões, variaram entre 0,24% (região 3) até 0,48% (região 2).

8.3.5 - Teor de MgO

Mais comumente os teores de MgO estiveram entre 2,00 a 4,00%, abrangendo 46% das 84 amostras, vindo em seguida amostras com 0 a 2,00% e 4,00 a 6,00% que somam, em conjunto,41% dos casos.

As médias indicaram que os calcários da região de São Paulo (região 3) são os menos magnesianos (3,87%), e a oeste

de Uberaba (região 2) tem-se os mais ricos em MgO (5,80%).As amostras de subsuperfície da região 1 exibiram um teor médio menor que as de superfície das regiões circunvizinhas.

8.3.6 - Teor de CaO

As amostras analisadas exibiram maior incidência de calcários com 35 a 45% de CaO (54% dos casos). Os resultados mostraram a grande variabilidade de tais teores,com transição desde calcários muito puros, extremamente ricos em CaO, até calcários impuros, muito arenosos.

As médias dos teores de CaO mostraram valores desde 35,95% (região 2) até 40,12% (região 3). Estes resultados refletem tão somente as médias dos valores encontrados nas amostras analisadas, pois é na região de Uberaba que se tem não somente maior volume, mas também os calcários de melhor qualidade dentro da Formação Bauru.

8.3.7 - Teor de K_2O

Os calcários analisados mostraram-se, em geral, pobres em K_2O, pois em 76% dos casos tem-se menos de 0,50% deste óxido. É possível que a presença deste elemento esteja ligada aos insolúveis argilosos dos calcários.

O teor mínimo foi indicado pelas amostras 131 e 132 (0,02%) e o máximo de 1,50% foi verificado na amostra de 28,70 m de profundidade da sondagem F34B da área de Buracão. As médias dos teores de K_2O abrangeram cifras desde 0,28%(região 3) até 0,56% (amostras de subsuperfície da região 1).

8.3.8 - Teor de SiO_2

O teor de SiO_2 deve-se principalmente às partículas arenosas de quartzo e, em menor parcela aos silicatos,principalmente minerais de argila. Em vista disso, tem-se uma relação inversa entre os teores de CaO e de SiO_2.

As amostras mais pobres em SiO_2 são da região 1 com 12,83% e as mais ricas da região 3 com 16,82%, como valores

médios. Considerando-se todas as amostras, independente de regiões de coleta nota-se que a moda situa-se entre 10 a 15% de SiO_2, onde se situam 30% dos casos, seguidas pela classe de 15 a 20% e 5 a 10%, que somam juntas 36% dos casos.

8.3.9 - Teor de Al_2O_3

A presença de Al_2O_3 deve estar ligada aos minerais de argila e eventualmente a raros grãos de feldspatos.

As amostras aqui analisadas, independente das regiões de coleta, indicaram um predomínio absoluto da classe com 2,00 a 4,00% de Al_2O_3 (48% dos casos), vindo a seguir as classes com 0 a 2,00% e 4,00 a 6,00% que somam juntas 43% dos casos.

As médias, segundo as diferentes regiões, variaram desde 3,18% (região 1) até 3,80% (amostras de sondagens da região 1).

8.4 - Elementos traços

Nas mesmas amostras submetidas as análises químicas dos elementos maiores foram determinados 10 elementos químicos, que ocorrem em quantidades bem menores do que os anteriores nesses calcários.

As determinações indicaram que alguns desses elementos apresentam maior variação de uma amostra para outra, enquanto que outros exibem teores mais uniformes.

Os elementos traços determinados para estes calcários e as suas variações de teores nas diferentes amostras podem ser vistos na Figura 58, Tabelas 9 e 10.

8.4.1. - Chumbo

O chumbo apresenta-se em teores mais uniformes do que outros elementos traços analisados. Os resultados sugerem que a variação seja maior nas amostras das regiões 1 e 2 em relação a região 3.

O teor mínimo verificado foi de menos de 5 ppm (amostras 199, 207 e 209), e o valor máximo não ultrapassou a cifra de 34 ppm (amostra 257). Os valores médios indicaram desde 10 ppm (região 2) até 16 ppm (amostras de subsuperfície da região 1).

Segundo RUNNELS e SCHLEICHER (1956) o teor médio de Pb nas rochas carbonáticas é de 16 ppm, enquanto que OSTROM (1957) cita valor mais alto de 26 ppm. Portanto, os calcários da Formação Bauru apresentam teor de Pb que não se afasta muito dos casos normais.

8.4.2 - Zinco

O zinco aparece com grande amplitude de variação de teores, pois o mínimo verificado foi de menos de 5 ppm (amostras 131 e 249), atingindo um máximo de 115 ppm (amostra 78).

As médias, de acordo com as diferentes áreas de procedência das amostras, indicaram teores desde 11 ppm (região 3) até 21 ppm nas amostras de subsuperfície (região 1).

Os teores médios de Zn encontrados para os calcários da Formação Bauru situam-se no intervalo de 4 - 20 ppm admitido por KRAUSKOPF (1955), como intervalo de variação nos calcários normais.

8.4.3 - Cobre

O cobre apresenta-se com teores variando em amplitude da mesma ordem de grandeza que o zinco, pois a partir de um mínimo de menos de 5 ppm (amostra 249) atinge-se um valor de até 144 ppm (amostra 181B).

As médias mostraram cifras maiores do que no caso do zinco, pois variaram de 11 ppm (amostras de subsuperfície da região 1) até 30 ppm nas amostras de superfície da mesma área.

8.4.4 - Níquel

Os teores de níquel, embora mais variáveis do que os de chumbo, foram mais homogêneos em relação ao zinco e cobre.

O valor mínimo verificado foi de 5 ppm (amostra 148) e o máximo de 190 ppm (amostra 78). Os teores médios das diferentes regiões variaram de 13 ppm (região 3) até 95 ppm (amostras de subsuperfície da região 1).

Para as amostras de superfície o teor médio de níquel sendo 22, 25 e 13 ppm, respectivamente, nas regiões 1, 2 e 3, os valores aproximam-se bem do teor médio de 15 ppm admitido para os calcários por OSTROM (1957).

Uma particularidade interessante deste elemento é a notável constância dos teores nas 10 amostras de sondagens com valores, em geral, bem mais altos do que a média. Entre as amostras de superfície as regiões 1 e 2 apresentaram maiores variações do que as da região 3.

Aparentemente a área de Buracão, em Ponte Alta, de onde provém as amostras de sondagem constitui uma área de concentração anômala deste metal.

8.4.5 - Crômio

Este elemento apresenta padrão de distribuição semelhante ao níquel, mas com teores mais altos do que aquele elemento em amostras de superfície das regiões 1, 2 e 3. Nas amostras de subsuperfície da região 1 os teores de Ni foram bem mais altos do que a média dos valores encontrados para o Cr em todas as amostras analisadas.

O valor mínimo constatado foi de menos de 10 ppm (amostra 133) e o máximo de 320 ppm (amostra 113). As médias das diferentes regiões variaram de 24 ppm (região 3) até 66 ppm (região 2). Estes teores são bem mais altos do que as médias para os calcários, em geral, apresentadas por RUNNELS e SCHLEICHER (1956) e OSTROM (1957), que sugerem 13 e 11 ppm, respectivamente.

8.4.6 - Zircônio

O zircônio, juntamente com o bário e o estrôncio, foi

o elemento que apresentou os maiores teores. Pelo menos parcialmente o zircônio pode estar ligado ao mineral zircão presente na fração areia dos resíduos insolúveis pesados dos calcários.

O teor mínimo observado foi de menos de 30 ppm (amostra 207) e o máximo de 290 ppm (amostra 185). Os teores médios variaram de 88 ppm (região 1) até 116 ppm (região 3).

O intervalo de variação de teores deste elemento conforme GRAF (1960) para os calcários é de menos de 10 ppm até 200 ppm, que corresponde aproximadamente aos valores encontrados para os calcários da Formação Bauru. Entretanto, a média de 16 ± 3 ppm, sugerida por aquele autor, é muito mais baixo do que as cifras médias encontradas neste trabalho.

8.4.7 - Bário

Este foi o mais abundante entre os elementos traços e as variações dos teores foram também as maiores verificadas.

Os teores das amostras variaram desde menos de 20ppm (amostra 78) até 6 200 ppm (amostra 171A). As médias dos teores acusaram variações desde 216 ppm (região 3) até 1 735 ppm (amostras de subsuperfície da região 1).

A variação dos teores de Ba está perfeitamente dentro dos intervalos apresentados por OSTROM (1957) e GRAF(1960), que são de 10 a 10 000 ppm e 5 a 8 000 ppm, respectivamente. Porém, as médias para os calcários da Formação Bauru são anormalmente mais altas, principalmente na região 1, onde atingem a cifra de 1 735 ppm nas 10 amostras de sondagens da área do Buracão.

8.4.8 - Estrôncio

Entre os elementos traços o estrôncio segue o bário em ordem decrescente de abundância e as variações extremas de teores entre as amostras são também grandes.

O teor mínimo constatado foi de 160 ppm (amostra 158)

e o máximo de 2 650 ppm (amostra 146). Os teores médios nas diferentes regiões variaram de 334 ppm (amostras de subsuperfície da região 1) até 1 038 ppm (região 3).

Tal como no caso do Ba o intervalo de variação dos teores de Sr situou-se nos limites normais, porém a média de 1 038 ppm acima referida, está muito mais alta do que os dados da literatura.

8.4.9 - Gálio

O gálio, tal como no caso do rubídio, foi um dos elementos traços menos abundantes nas amostras analisadas. Os padrões de distribuição de ambos são também similares. O valor máximo de 26 ppm foi verificado na amostra 150. As médias dos teores indicaram 6 ppm para as amostras de subsuperfície da região 1 e 9 ppm para a região 2.

As médias dos teores de Ga para os calcários da Formação Bauru situam-se no intervalo de menos de 3 até 10 ppm citado por GRAF (1960) para a média dos calcários.

8.4.10 - Rubídio

O rubídio, apesar de ser um dos elementos traços extremamente pouco abundantes, apresenta-se com variações grandes de teores.

O valor mínimo encontrado foi de menos de 2 ppm (amostras 127, 132, etc.) e o máximo de 41 ppm (amostra de 22,20m de profundidade do furo F36B). As médias dos teores indicaram valores desde 4 ppm (região 3) até 17 ppm (amostras de subsuperfície da região 1). Estas cifras coadunam perfeitamente com os dados da bibliografia, citados por GRAF (1960) para os calcários.

8.5 - Discussão dos resultados

Confrontando-se os resultados encontrados neste trabalho com os dados médios de calcários de diferentes idades, segundo CLARKE (1924), observa-se que entre os elementos maio

res e menores são verificados os seguintes fatos:

a) o teor de Fe_2O_3 em todas as regiões de estudo dos calcários da Formação Bauru é pouco superior ao da média dos calcários;

b) o MgO apresenta-se com teor mais alto na média dos calcários do que em qualquer uma das regiões de estudo da Formação Bauru;

c) a composição em CaO dos calcários aqui estudados é menor do que a média dos calcários;

d) a participação de K_2O é, em geral, da mesma ordem de grandeza nos dois casos;

e) os teores de Al_2O_3 e SiO_2 são bem mais altos nos calcários da Formação Bauru do que na média dos calcários.

Os fatos acima apontados estão ligados à natureza mais arenosa e argilosa dos calcários da Formação Bauru, definindo-se assim maiores teores de SiO_2 e Al_2O_3, em detrimento do teor de CaO.

Por outro lado, o teor mais baixo de K_2O deve-se, talvez, a pequena freqüência de minerais de argila ricos em K^+, do tipo da illita e montmorillonita entre os resíduos insolúveis.

O teor mais baixo de MgO em relação à média dos calcários também está de acordo com a idade relativamente nova dos calcários da Formação Bauru (Cretáceo Superior: Senoniano ?), considerando-se a idéia defendida por GARRELS e MACKENZIE (1971: 237) e vários outros autores, de que haveria um enriquecimento em MgO nos calcários mais antigos. Segundo estes autores a relação Ca/Mg seria de 50/1 nos carbonatos recentes e nos carbonatos pré-cambrianos a relação aproxima-se do mineral dolomita, isto é, 1,7/1. Nos calcários da Formação Bauru esta relação varia desde 7,33 (região 2) até 17,30 (amostras de subsuperfície da região 1). Para a composição média dos calcários de várias idades, segundo os dados

de CLARKE (1924), tem-se a relação Ca/Mg = 6,36.

A composição em MnO, que é muito baixa nos calcários aqui estudados pode ter implicações paleoclimáticas, pois RONOV e ERMISHKINA (1959; in WOLF e outros, 1967) encontraram teores mais baixos (menor que 0,040%) para os calcários formados em zonas áridas, enquanto que os de zonas úmidas apresentavam teor bem mais alto.

Por outro lado os teores de MnO estão relacionados aos de Fe_2O_3. Segundo os estudos de KRAUSKOPF (1957), nas zonas de formação de carbonatos alguns processos geoquímicos atuantes levam à separação diferencial do Mn e Fe. Para os calcários da Formação Bauru a relação Mn/Fe resulta em dados pouco variáveis para os conjuntos de amostras analisadas, sendo a média em torno de 0,025, o que pode indicar condições de pH e Eh relativamente uniformes nos meios de transporte e deposição em todas as regiões de ocorrência de calcários da Formação Bauru.

A relação TiO_2/Al_2O_3 teria, segundo MIGDSOV (1960; in WOLF e outros, 1967), um significado climático, tal como no caso de Mn/Fe. Para os calcários da Formação Bauru tem-se a relação TiO_2/Al_2O_3 variando de no mínimo 0,07 (região 3) até 0,14 (região 2). Segundo aquele autor ter-se-ia concentração máxima de TiO_2 em sedimentos formados no começo e no fim de cada ciclo tectônico.

Os elementos traços analisados apareceram na seguinte seqüência decrescente de abundância: Ba- Sr- Zn- Cr- Ni- Cu- Zr- Pb- Rb e Ga, considerando-se a média geral para todas as amostras analisadas.

Nas explicações das variações dos teores de cada um dos elementos traços foram feitos confrontos com os dados da literatura, de modo que aqui as discussões são limitadas às possíveis interpretações de significados paleoambientais de alguns desses elementos.

Segundo STRAKHOV e outros (1956), elementos traços comuns em sedimentos, tais como, V, Cr, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Ga e outros permanecem principalmente em suspensão durante o transporte pelas águas dos rios, e entram em solução só parcialmente. Mesmo nas suspensões, uns fazem parte das porções mais grosseiras, enquanto que outros integram os componentes mais finos. Estas diferenças no modo de migração dos elementos, é, em parte, responsável pela diferenciação dos elementos durante a sedimentação. Quando migram em soluções tendem a ser transportados até as regiões pelágicas das bacias oceânicas, enquanto que, quando a suspensão é predominante os elementos associam-se a fases mais grosseiras, sendo precipitados nos continentes. Além disso, a participação da matéria orgânica dos sedimentos é muito grande na concentração de muitos dos elementos acima enumerados, fato reconhecido pelos estudos de folhelhos orgânicos.

Apelando-se para os mecanismos de fracionamento acima apresentados, talvez possam ser explicados os teores diferentes de alguns dos elementos traços dos calcários da Formação Bauru.

A alteração de rochas ígneas para sedimentares envolve a formação de minerais carbonáticos, que tendem a segregar formando os calcários e ocorrem, também, remoção de sódio para os oceanos e retenção de potássio nos sedimentos argilosos. Estes fatos são apresentados por GARRELS e MACKENZIE (1971: 227). Naturalmente o processo deve ser mais acentuado nas rochas mais ricas em cada um dos elementos citados.

As rochas do embasamento da Formação Bauru, que poderiam ter maiores possibilidades de funcionar como fonte de CaO para dar origem aos calcários, são os basaltos da Formação Serra Geral, principalmente pelo intemperismo de feldspatos cálcicos e/ou piroxênios.

Além disso, segundo RÜEGG (informações verbais), o basalto da região do Triângulo Mineiro distingue-se daquele

encontrado no Estado de São Paulo pelas concentrações mais altas de Ba, sendo de 700 ppm e 400 ppm, respectivamente.

O teor médio de Ba, bem mais alto nos calcários da região do Triângulo, principalmente da área de Uberaba, do que no Estado de São Paulo, poderia ser indicativo da origem do CaO a partir dos basaltos. O teor médio na região 1 (região de Uberaba), bem mais alto nos calcários do que nos basaltos, poderia ser explicado pelos mecanismos de mobilização do bário (em suspensão ?) e pela segregação do CaO para formar os calcários.

Muitas vezes os elementos traços são usados para definição de sedimentos formados em ambiente de água doce ou água salgada, e neste aspecto são usados elementos como B,Li, Ga, etc. (KEITH e DEGENS, 1959; LERMAN, 1966 e outros). Em geral, considera-se que os elementos B, Ga, Rb, Ni e Cr sejam decisivos nesses estudos; e B, Rb e Ni seriam mais altos nos sedimentos marinhos, enquanto que Ga e Cr seriam mais abundantes nos sedimentos de água doce.

Para o caso dos calcários da Formação Bauru os elementos traços não apresentaram padrão muito típico de distribuição de sedimentos de água doce. Infelizmente,a maior parte dos estudos de distribuição de elementos traços, para definição de ambientes de água doce ou salgada, foi realizada em rochas argilosas. É provável que os mecanismos de concentração ou dispersão dos elementos traços nas rochas argilosas sejam um pouco diferentes daqueles que atuam nos calcários.

As amostras 124, 181A, 190, 209 e 229 foram submetidas a dosagem de B pelo método colorimétrico e do Li pelo espectrofotômetro de absorção atômica. Os teores baixos de B (média de 11 ppm) e de Li (média de 2,5 ppm)identificaram-se com a natureza genética, de água doce, dos calcários da Formação Bauru.

CAPÍTULO V

SILICIFICAÇÃO E CORES DOS SEDIMENTOS

Neste capítulo foram enquadradas feições anteriormen não tratadas, pertinentes tanto aos calcários como aos sedi mentos clásticos associados da Formação Bauru. Sob este pon to de vista são considerados os aspectos ligados a silicifi cação e as cores dos sedimentos.

1 - SILICIFICAÇÃO

A silicificação de rochas calcárias é um fenômeno muito comum na natureza. Há autores que chegam ao extremo de admitirem que praticamente todo sílex tenha sido inicial mente sedimentado como camada calcária.

Em vários trabalhos o problema da silicificação em rochas sedimentares da Bacia do Paraná, que constituem a se ção do Gonduana (desde o Grupo Tubarão até o topo do Grupo Passa Dois), tem sido tratado por vários autores(LEINZ, 1938; FÚLFARO, 1970; AMARAL, 1971, e outros), mas o fenômeno liga do às rochas da Formação Bauru acha-se muito rapidamente men cionado por BARBOSA e outros (1970: 38). O mecanismo da si licificação encontrada nos arenitos da Formação Botucatu fo ram estudados por PARAGUASSU (1972).

Segundo BARBOSA e outros (op. cit.) são encontrados diversos níveis de silicificação nas partes média e superior da Formação Bauru na região de Uberaba. Este sílex foi in terpretado como singenético, sendo a respectiva sílica ori ginária da dissolução de carapaças de diatomáceas (?).

O autor deste trabalho teve a oportunidade de obser var a presença do fenômeno da silicificação, tanto em areni

tos referidos pelos autores supra mencionados, como em calcários da região de Ponte Alta e outras localidades.

1.1 - Observações de campo

1.1.1 - Silicificação de arenitos

O fenômeno da silicificação de arenitos da Formação Bauru foi verificado pelo autor nas posições estratigráficas mencionadas por BARBOSA e outros (op. cit.), e também em outros níveis, especialmente nos locais das seções colunares SC-5, SC-8 e SC-9.

No local da SC-5 o fenômeno da silicificação dos arenitos aparentemente relaciona-se ao material placóide, em cuja constituição ocorre predominantemente a atapulgita, conforme foi identificada por difração de raios X e confirmada por análise térmica diferencial e análise química. Essa suposta associação de fenômenos é verificada pela preservação do aspecto acentuadamente laminado, placóide, em superfícies intemperizadas de material completamente silicificado, que restaria como herança dos placóides de atapulgita.

Os níveis silicificados na SC-5 aparecem em dois horizontes, formando lentes de 20 a 30 até 50 cm de espessura. A extensão lateral da lente situada a cerca de 2,20 m da base do corte de estrada atinge aproximadamente 10 m.

Entre os níveis de camadas silicificadas aparece uma camada de 2,00 m de arenito argiloso, esparsamente conglomerático.

No nível superior foi verificado em partes que o óxido de ferro, muitas vezes em manchas envolvendo zonas silicificadas, está circundado de todos os lados por partes silicificadas praticamente impermeáveis.

Próximo a base da SC-8 também aparece uma camada de arenito silicificado com 20 a 30 cm de espessura estendendo-se por várias dezenas de metros. A silicificação aqui é ir

regular mostrando partes muito silicificadas sem exibir textura de areia, e outras partes de arenito pouco silicificado. Foi interessante observar o brilho e o aspecto geral vítreo desse material em superfícies frescas, freqüentemente com fraturamento conchoidal a sub-conchoidal. Aqui são também observados geodos de quartzo e dendritos de óxido de manganês.

Na parte basal da SC-9 são verificados vários níveis silicificados do tipo observado na SC-8. Nas seções colunares SC-10 e SC-12 também foram notados níveis silicificados.

Nos topos dos morros testemunhos da Formação Bauru, não somente na região de Uberaba, como ao sul de Goiás, foram freqüentemente vistos abundantes fragmentos angulosos de sílex, cuja existência pode ter contribuído para suportar aos processos erosivos, principalmente quando o material ainda se dispunha em forma de camadas mais ou menos contínuas capeando os topos dos morros.

No Estado de São Paulo não foi possível verificar nenhum processo de silicificação em arenitos, estando o fenômeno restrito a pequenos núcleos de calcedônia em calcários arenosos.

1.1.2 - Silicificação de calcários

Os calcários, principalmente os da região do Triângulo Mineiro e sul de Goiás, mostram-se freqüentemente silicificados.

A silicificação dessas rochas é verificada em forma de manchas irregulares de alguns milímetros a centímetros, até no máximo algumas dezenas de centímetros, possuindo muitas vezes geodos e drusas com quartzo (Fotos 25 e 26).

Silicificação por nódulos esféricos do tipo encontrado na Formação Irati (região de Assistência, SP) e Formação Estrada Nova (região de Taguaí, SP), ambas formações de idade permiana da Bacia do Paraná, não foi constatada nos calcá

rios da Formação Bauru.

Já por observações de campo tem-se a idéia de que o fenômeno é mais efetivo nas partes de calcários mais arenosos.

1.2 - Exame microscópico

Pelo menos três amostras de arenitos silicificados (amostras 260, 261 e 262) e sete amostras de calcário silicificado (amostras 164, 203, 259, 264, 269, F32B = 44,17 m e F34B = 19,50 m) foram observadas ao microscópio em seções delgadas para o esclarecimento de alguns detalhes ligados ao problema da silicificação dessas rochas.

Na lâmina 260 foi visto que uma massa de calcedônia fibrosa, localmente fibro-radiada, preenche os espaços entre os minerais detríticos que perfazem 20 a 30% ou até mais de 50% do campo do microscópio. Os grãos detríticos são predominantemente de quartzo e quartzito, e estes últimos, quando presentes, são maiores que os primeiros. Não foi encontrado nenhum vestígio de calcita.

Na lâmina 261 a porcentagem de clásticos é praticamente a mesma da amostra anterior e distribuem-se mais ou menos homogeneamente. Em alguns grãos de quartzito notam-se vestígios de transformação em calcedônia por degradação de grãos de quartzo constituintes, fato este denotado pela presença de bordas corroídas.

As lâminas 260 e 261 são provenientes do corte de estrada onde foi levantada a SC-5, rodovia BR-050.

Por outro lado, a amostra 262, que foi examinada em duas seções delgadas, é procedente do local da SC-8. A lâmina 262A apresentou-se com aspecto interessante em que a calcedônia exibe todos os aspectos de oóides, muito semelhante a algumas lâminas de calcários; muitos desses oóides com grãos detríticos insolúveis no núcleo. Fora dos oóides os

grãos detríticos aparecem concentrados em bolsas. Muitas vezes, nas manchas de calcedônia aparecem geodos e drusas preenchidas por quartzo secundário. Envolvendo manchas de calcedônia fibrosa aparece subordinadamente um material isótropo de índice muito baixo. Embora nenhum resto de calcita tenha sido observado, a presença da estrutura de oóides com núcleos e a concentração de clásticos em bolsas são aspectos que sugerem a possibilidade de que estas camadas silicificadas tenham sido antigos calcários e não leitos de arenitos, como pareciam mostrar as observações preliminares de campo (Foto 42).

Na lâmina 262B, confeccionada em outra porção da amostra, mais de 80% da área apresenta-se constituído de massa isótropa, translúcida sob luz polarizada, inteiramente gretado, de baixo índice de refração, do tipo encontrado localmente na lâmina 262A. O índice de refração baixíssimo, a natureza isótropa e o aspecto geral limpo indicam tratar-se de opala. Sobre essa constituição é interessante lembrar que a amostra exibiu fratura sub-conchoidal e aspecto vítreo acentuado em observação macroscópica de campo. A calcedônia acicular define, muitas vezes, hábito fibro-radiado e apresenta-se em manchas de alguns milímetros (4 a 5 mm) dentro da massa de opala. A opala se acha gretada em polígonos de contornos irregulares de 0,20 a 0,40 mm de lado. Aqui também os clásticos insolúveis aparecem localmente concentrados dentro da opala (Foto 43).

Quanto às lâminas de calcário exibiram também alguns aspectos interessantes ligados ao mecanismo de silicificação.

A amostra 164 da pedreira do Buracão (CCPPA) foi coletada para o estudo do problema da silicificação de calcários, como foi também o caso de mais seis amostras. Na lâmina 164A pôde ser visto que o calcário da amostra se acha quase inteiramente silicificado. Aparece uma massa de calcedônia fibrosa, com textural fluidal, onde os cristais não são

percebidos com aumento de 20 vezes. Mostram também drusas e veios preenchidos por quartzo microcristalino (0,04 mm de diâmetro). Aparece também uma mancha, de forma irregular de 4 a 5 mm de diâmetro, inteiramente preenchida por quartzo microcristalino e envolvida por lâminas que se dispõem paralelamente as suas bordas (ágata ?). Na lâmina 164B, da mesma amostra, aparecem estruturas de oóides, embora o material esteja inteiramente silicificado e com calcedônia fibrosa entre os oóides. Tanto na lâmina 164B, como na lâmina 164C foram observadas estruturas algálicas preservadas, apesar da completa silicificação.

A seção delgada da amostra 203 mostrou-se também inteiramente silicificada por calcedônia fibrosa com textura fluidal, apresentando drusas e geodos com preenchimento por cristais bem formados de quartzo. Aparecem também manchas acastanhadas, opacas, talvez de material carbonoso, segregado durante a silicificação dos calcários.

A amostra 259, procedente da pedreira da Goiabeira (CCPPA) mostrou um calcário inteiramente granular (não cristalino de contornos agudos). A silicificação presente nas duas lâminas determina dois tipos diferentes do fenômeno. No primeiro resulta da possível solubilização concomitante à substituição dos cristais calcíticos, com completa obliteração da textura e estrutura anteriores, dando origem à calcedônia fibrosa com textura fluidal (Foto 44), contendo grãos de calcita residual. O segundo parece estar ligado a espaços vazios, resultantes de solubilização prévia, dando origem à precipitação de grãos de quartzo em poros de calcário. Freqüentemente em torno dessas drusas e geodos de cristais de quartzo a calcita é também mais grosseira, sugerindo a existência prévia dos poros, onde a calcita também pôde desenvolver-se melhor.

A lâmina da amostra 264, procedente de zona silicificada da pedreira de calcário da CCPPA, mostrou-se quase que

inteiramente silicificado por calcedônia fibrosa, onde aparecem "ilhas" isoladas de calcita bem cristalizada, em mosaico, com grandes cristais (1,60 a 2,00 mm), freqüentemente com bordas corroídas. Dentro das massas de cristais de calcita também ocorrem minúsculos núcleos de silicificação. É também interessante notar que localmente a calcedônia apresenta aspecto de oóides, embora sem núcleos. São freqüentes microfraturas na calcedônia, preenchidas por material carbonoso(?), talvez segregado durante a silicificação do calcário, a partir da substância que antes se apresentava disseminada na massa do calcário, como foi visto também na lâmina da amostra 203.

A amostra 269, coletada de corpos irregulares silicificados dentro de calcário da Serra da Galga (Uberaba, MG), próximo ao local da SC-2, mostrou que 80% da área da lâmina está transformada em calcedônia. Aqui também aparecem, como na amostra 264, cristais residuais de calcita em mosaico, preservados do fenômeno. Localmente, apresentam-se cristais de quartzo da recristalização parcial.

A seção delgada de amostra de material silicificado de 44,17 m de profundidade do furo F32B mostrou-se inteiramente silicificada por calcedônia fibrosa. Interrompem a continuidade da calcedônia drusas e veios preenchidos por quartzo. Aparecem fraturas na calcedônia preenchidas por material isótropo do tipo da opala verificada na amostra 262. Esse testemunho serve para demonstrar que o fenômeno da silicificação ocorre também a profundidades consideráveis, não estando, portanto, condicionado a exposição aos processos intempéricos na superfície do terreno.

Em lâmina da amostra do furo F34B de 19,50 m de profundidade, da mesma área de F32B, aparecem manchas residuais de calcita preservada na massa de calcedônia fibrosa.

Foi também possível observar por microscopia, que a maior parte dos calcários da região do Triângulo Mineiro exi

be núcleos microscópicos de silicificação por calcedônia. Constatou-se, além disso, que esses núcleos se localizam preferencialmente em áreas de cristalinidade mais desenvolvida. Por outro lado as bolsas arenosas de maior concentração de clásticos insolúveis parecem também propiciar uma intensificação do fenômeno da silicificação.

Como não foi possível desagregar, sem fraturar os grãos componentes, para análise granulométrica, foram confeccionadas seções delgadas de algumas amostras de arenitos (amostras 188, 200 e 202). Todas essas lâminas mostraram que o cimento desses arenitos é constituído praticamente só de calcedônia fibrosa. A silicificação ocorre não somente por cimentação, talvez em substituição ao antigo cimento carbonático, mas também por substituição gradual de antigos detritos insolúveis. Esse fato pode ser comprovado por alguns detritos parcialmente substituídos por calcedônia, como pelas manchas de contornos obscuros de possíveis grãos detríticos pré-existentes englobados na massa de calcedônia. Para complicar o problema da desagregação, na amostra 200, por exemplo, notou-se a presença de película de óxido de ferro envolvendo os grãos de quartzo, o que torna os grãos completamente opacos e contribui para aumentar ainda mais a força de coesão das partículas componentes.

1.3 - Considerações gerais sobre a silicificação

A sílica, componente essencial do quartzo, calcedônia e outras formas dessa substância, é solúvel a temperaturas normais somente em águas com pH acima de 9 (CORRENS, 1949 e KRAUSKOPF, 1959). Por outro lado, mesmo com concentrações muito baixas de SiO_2 em solução, a sílica é precipitada em valores baixos de pH (3 a 6). Além disso, quando a sílica é removida molécula por molécula, por soluções de alto pH, ela tende a ser substituída por componentes menos solúveis em tais soluções com aquele valor de pH. Esses componentes são geralmente os carbonatos, e esse progressivo metassomatismo,

por exemplo do sílex, foi descrito por WALKER (1962). Esta seqüência de silicificação e dessilicificação parece ser explicável propondo-se unicamente uma passagem alternada de águas de alto pH (acima de 9) e baixo pH (abaixo de 9).

Condições alternantes do tipo supra-citado evidentemente ocorrem em águas da Formação Bauru. Comprovam a existência dessas condições as massas irregulares de quartzo com moldes externos de cristais de calcita na sua parte superficial, freqüentemente encontradas na pedreira nº 2 da CCPPA. Essas massas medem de alguns centímetros até dezenas de centímetros e contêm, por vezes, água no seu interior. O fenômeno poderia ser explicado do seguinte modo: águas de alto pH (acima de 9), provenientes de zonas carbonatadas solubilizam o quartzo fornecendo o SiO_2 a solução, que vai se tornando gradualmente ácida à medida que a sua concentração aumenta, e pode chegar a precipitar em forma de quartzo dentro de geodos com paredes revestidas de calcita recristalizada, talvez quando concentrações adequadas a aquelas condições de pH são atingidas. Em seguida, se porventura, águas mais ácidas concentradas em CO_2 entrarem em contato com essas estruturas, podem solubilizar a calcita que envolve a massa de quartzo e separa aquelas estruturas dentro do corpo carbonático.

Explicado o mecanismo de precipitação e solubilização da sílica e calcita e relatada a existência de processos alternantes na área da Formação Bauru, mormente no Triângulo Mineiro, torna-se relativamente fácil visualizar o fenômeno da silicificação de calcários dessa formação, principalmente em Uberaba. Admitindo-se este mecanismo na silicificação presente em parte dos sedimentos da Formação Bauru, torna-se forçoso admitir uma silicificação epigenética e não singenética, tanto dos calcários como dos arenitos da Formação Bauru como quiseram BARBOSA e outros (1970), quando mencionaram a silicificação de arenitos.

Por outro lado, o fato de ter sido verificada silici

ficação em profundidades de 50 m sugere também processo singenético. Parece ter existido períodos de silicificação singenética e epigenética. Conquanto não se possa estipular quanto se deve a silicificação primária ou a secundária, o que ficou patente pelo exame das lâminas é que nada comprova sem dúvida a silicificação essencialmente singenética, antes pelo contrário e, muito menos evidências de participação de carapaças de diatomáceas, sugeridas pelos autores acima, foram encontradas.

PARAGUASSU (1972), estudando o problema da silicificação do Arenito Botucatu concluiu que a quantidade de sílica que existe na água percolante dessa formação é suficiente para produzir, mesmo em clima atual, alguns fenômenos de silicificação (cimentação, formação de crostas, etc.).

No caso da silicificação dos arenitos, tanto podem contribuir para originar as condições geoquímicas favoráveis, a silicificação dos cimentos calcíticos comuns nos arenitos dessa formação, como o mineral atapulgita, que parece também mostrar algum vínculo com o fenômeno, como foi constatado na SC-5.

O autor não encontrou explicação para a maior incidência da silicificação de calcários na região do Triângulo Mineiro em confronto com a região de Agudos no Estado de São Paulo. Neste estado (SP) a silicificação de calcários não atinge dimensões maiores do que núcleos microscópicos de calcedônia, e embora exista também cimentação por calcedônia de alguns arenitos, são ausentes os bancos de sílex dentro dos arenitos, como ocorrem na região de Uberaba. Certamente, além dos mecanismos inerentes às próprias substâncias em palco, sugeridas no trabalho, interferem outros fenômenos condicionadores, tais como, grau de facilidade ou dificuldade de drenagem, pluviosidade, temperatura, etc.

A existência de intensa lixiviação da sílica na região de Uberaba, que portanto passa para as águas meteóricas

superficiais, podendo ocasionar fenômenos de silicificação de arenitos e calcários é indicada pela composição química de material argiloso da superfície do chapadão na área de Ponte Alta, que a CCPPA utiliza na fabricação de cimento como fonte de Al_2O_3. O material citado é resultante da intemperização de arenitos argilosos da Formação Bauru, apresenta-se bastante enriquecido em Al_2O_3 (= 41,70%) e relativamente pobre em SiO_2 (22,80%). Além disso, é também bastante rico em óxido de ferro sob a forma de Fe_2O_3 (13,50%).

2 - COR DOS SEDIMENTOS

2.1 - Generalidades

A cor de uma rocha, principalmente de origem sedimentar, constitui uma das feições que primeiramente ressalta às vistas do observador, de modo particular as cores "vivas", variegadas, freqüentemente encontradas em afloramentos nas bacias sedimentares brasileiras. Porém, na maior parte das vezes, essas são de origem secundária ou epigenética.

As cores que realmente tem significado na interpretação da história genética do sedimento, como um reflexo das condições que prevaleceram nos ambientes de produção e deposição dos sedimentos são muitas vezes as mais discretas. Essas cores são de origem primária ou singenética. Em virtude da grande importância das cores singenéticas dos sedimentos na interpretação global de suas condições de formação (intemperismo, transporte e deposição) foram efetuadas as observações aqui expostas, cujos dados foram coligidos durante as medições das seções colunares.

As considerações acima não eliminam a possibilidade de que as cores primárias possam ser variegadas, quando então elas passarão a ter implicação genética com significado todo particular ligado a ambiente altamente oxidante de sedimentação.

Em geral, surgem dois problemas fundamentais na descrição das cores dos sedimentos: a) reconhecimento de seu caráter singenético ou epigenético e b) descrição mais objetiva possível, com eliminação máxima de critérios pessoais. A natureza singenética ou epigenética de uma cor verificada em afloramento pode ser correlacionada com cores observadas em subsuperfície, abaixo do lençol freático de água subterrânea, em sondagens efetuadas na mesma unidade litológica, e se houver coincidência pode-se pensar em cor primária, caso contrário a cor seria secundária. A determinação precisa de cores em rochas sedimentares é assunto de considerável dificuldade, tanto devido à falta de escalas apropriadas, comc pelos erros subjetivos, mas as tabelas padrões de cores de rochas fornecem, em geral, uma precisão suficiente.

2.2 - *Cores dos sedimentos da Formação Bauru*

Já em 1938, MORAES REGO descreveu as cores encontradas nos sedimentos atravessados por uma perfuração de 92 m efetuada em Catanduva (SP).

FREITAS (1955: 106-110) detalhou mais as descrições de coloração das rochas atribuindo-lhes implicações genéticas. Este autor teve o cuidado de descrever somente as amostras de subsuperfície, já que as colorações encontradas nas amostras de superfície podem ser epigenéticas.

Os dois autores supra-citados adotaram métodos de observação empírica na descrição da coloração e encontraram cores cinzentas, vermelhas e castanhas com variações de tonalidade.

Mais tarde, ARID (1967: 79) realizou uma descrição baseada na tabela de cores de rochas da Sociedade Geológica da América. O autor tentou com isso eliminar, sempre que possível, critérios subjetivos na classificação das cores. Descreveu as cores encontradas em afloramentos e em testemunhos de sondagens. Ele reconheceu a predominância das cores do gru

po amarelo-vermelho na superfície, enquanto que em subsuperfície aparecem cores mais escuras nas camadas superficiais e nas mais próximas ao substrato basáltico, e na parte média exibem cores claras do grupo branco a cinza claro, que aliás são as predominantes em profundidade.

Todas essas descrições prévias dizem respeito as áreas de sedimentos da Formação Bauru no Estado de São Paulo.

O autor não encontrou descrições objetivas de autores prévios no que concerne as cores dos sedimentos da Formação Bauru na área do Triângulo Mineiro, razão porque maior atenção foi aqui dedicada na caracterização das cores dessa área. Além disso, foi verificado também que as cores dos sedimentos aflorantes ao sul de Goiás e Mato Grosso são similares a aquelas encontradas na área de Agudos (SP) e praticamente iguais a aquelas referidas pelos autores já mencionados, de modo que essas não serão repetidas neste trabalho.

Durante os trabalhos de campo, que envolveram principalmente medições de seções colunares e geológicas e amostragem dos sedimentos, foram descritas as características ligadas a coloração tendo sido utilizada a "Tabela de cores de rochas" ("rock color chart") da Sociedade Geológica Americana (GSA, reimpressão, 1963).

De um modo geral foi observado que as colorações tendem para tonalidades ligeiramente esverdeadas,principalmente nas camadas argilosas. As cores variam de 5 Y 7/2 (cinza amarelado), encontradas nas seções colunares SC-5, SC-7,SC-8, SC-9, SC-11 e SC-12, acentuando-se a tonalidade verde que chega a 10 Y 6/2 (verde oliva pálido), encontrada nas seções colunares SC-13 e SC-14, passando intermediariamente pelas cores 10 Y 8/2 (amarelo esverdeado pálido) da SC-1 ou 5 Y 7/2 (cinza amarelado) e 5 GY 8/1 (cinza esverdeado claro) da SC-12. Essas são as cores comumente encontradas nas camadas mais inferiores, menos alteradas, em cortes de estradas, enquanto que nos leitos mais superficiais, mais alterados, predominam

cores como 5 R 6/3 (vermelho claro) até 5 R 4/6 (vermelho moderado).

Em geral os arenitos menos argilosos também assumem cores como 5 Y 7/2 (cinza amarelado), quando menos alterados, e tonalidades avermelhadas pelo intemperismo. As cores encontradas nos arenitos argilosos, principalmente as que tendem mais para as tonalidades mais esverdeadas, aproximam-se das colorações apresentadas pelos clásticos vulcânicos da Formação Uberaba.

Dessas considerações parece ser lícito admitir que as cores avermelhadas são de natureza secundária ou epigenética e as cores primárias, em geral, tendem mais para esverdeadas ou amareladas.

Os freqüentes níveis de pelotas de argila mostram que os fragmentos, quase sempre, são constituídos de argilitos de cores avermelhadas (5 R 6/6 a 5 R 4/6), tanto nos casos de pelotas incluídas em arenitos como em calcários.

Os calcários, em virtude de sua freqüência maior ou menor em impurezas, englobando materiais estranhos, tais como seixos de quartzito, quartzo, etc. variam de tonalidade geral. Mas, em média, pode-se dizer que as cores mais comuns estão entre 5 RP 8/2 (rosa pálido) a 5 YR 8/4 (rosa alaranjado moderado).

2.3 - *Considerações gerais*

A cor de um sedimento clástico é definida fundamentalmente por três fatores intrínsecos a sua composição, isto é, cor dos minerais detríticos componentes, cor do cimento e a cor do revestimento dos grãos. De modo secundário a granulação ou o estado de umidade podem alterar, de certa maneira, as tonalidades.

Os dois primeiros fatores, isto é, cor dos minerais detríticos e a cor do cimento prevalecem no caso de sedimentos sem intemperismo da Formação Bauru na área do Triângulo Mineiro. Nos arenitos são definidos pelos componentes quart

zosos e argilosos. Entre os componentes argilosos a illita está praticamente onipresente nas amostras atribuindo-lhes tons esverdeados, enquanto que a atapulgita e a caolinita servem para clarear as cores. No caso do arenito a cimentação primária ou secundária por calcita em geral torna também as cores mais claras.

Quanto ao terceiro fator, ou seja, cor de revestimento dos grãos, quando este é de calcita, como freqüentemente acontece nos arenitos, as cores são mais claras. No entanto, quando são de óxido de ferro são, muitas vezes, de origem secundária e lhes atribui cores avermelhadas encontradas principalmente nos sedimentos mais intemperizados.

As cores encontradas na Formação Bauru na área do Triângulo Mineiro diferem fundamentalmente das outras regiões, como do Estado de São Paulo, pela grande freqüência em que as cores de tons esverdeados se fazem presentes, principalmente na área de Ponte Alta. No entanto, não estão ausentes também as cores 5 R 8/2 (rosa acinzentado) ou 5 R 4/6 (vermelho moderado) primárias, o que lhes confere certa identidade com as cores encontradas em sedimentos de outras regiões.

A grande freqüência de tons esverdeados pode sugerir a preservação, por algum mecanismo (talvez situação sub-aquática em fase pós-deposicional que antecede ao soterramento), das cores originais herdadas dos sedimentos sotpostos da Formação Uberaba. Por outro lado, as cores vermelhas indicam condições oxidantes de fornecimento e deposição dos sedimentos.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são discutidas as principais conclusões deste trabalho e, ao mesmo tempo, é tentada uma reconstrução paleogeográfica hipotética das condições de sedimentação da Formação Bauru.

1 - GENERALIDADES

As características físicas, químicas e mineralógicas da associação litológica constituída de calcários e sedimentos clásticos da Formação Bauru, estudadas neste trabalho, forneceram evidências geológicas suficientes para que sejam feitas especulações em torno de sua gênese.

O problema da grande freqüência de cimento carbonático nesses sedimentos já tem preocupado autores prévios, como foi visto no item 5 do Capítulo III. Houve autores que chegaram a utilizar a existência ou não de cimento carbonático como critério estratigráfico na subdivisão da Formação Bauru. Porém, um rápido exame da lista bibliográfica final permite chegar a conclusão, que devida importância não tem sido dada aos calcários arenosos e aos sedimentos psamo-rudáceos associados, como uma importante chave para a compreensão da geologia da Formação Bauru. O autor teve a oportunidade de conseguir alguns dados de detalhe sobre esses sedimentos e espera ter contribuído em algo no sentido de um melhor conhecimento desta importante unidade estratigráfica.

Até então, a geologia da Formação Bauru era conhecida em algum detalhe somente no Estado de São Paulo, principalmente através dos trabalhos de FREITAS (1955) e ARID (1967),

insistentemente citados neste trabalho.

Foi verificado durante a elaboração da presente pesquisa que os sedimentos, se de um lado apresentam pontos que permitem correlacioná-los facilmente nos estados da Federação pelos quais se distribuem, por outro lado, exibem algumas diferenças notáveis por serem constituídos de depósitos de área mais central no Estado de São Paulo, e, de borda de bacia, onde eles atingem os Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso.

O autor está convencido de que as pesquisas desenvolvidas nas bordas NE e NW da bacia de sedimentação da Formação Bauru complementam, até certo ponto, os conhecimentos existentes no Estado de São Paulo, permitindo que se tenha uma visão mais global dos problemas de sedimentação, tectônica e mesmo do paleoclima que poderiam estar envolvidos na época de deposição Bauru.

2 - AMBIENTE GEOGRÁFICO DE SEDIMENTAÇÃO

A natureza tipicamente continental dos depósitos da Formação Bauru é facilmente demonstrada pela época de deposição dentro das fases de evolução paleogeográfica da Bacia do Paraná, pelo conteúdo paleontológico e mais acentuadamente pelas evidências litológicas de campo e de laboratório.

As características granulométricas dos sedimentos,que foram utilizadas para interpretação paleoambiental com base no processo gráfico de SAHU (1964), sugerem deposição em ambiente aquoso com características fluviais, com algumas variações, mas em geral de alta viscosidade e baixa energia,conforme foi visto no item 8.6 do Capítulo III. Esta verificação veio confirmar a interpretação prévia, pelo mesmo método, executada por ARID (1972) com dados de sedimentos provenientes da parte norte-ocidental do Estado de São Paulo.

Ocupando as planícies de inundação entre os canais

fluviais parece terem-se desenvolvido regiões lacustres de baixa energia, profundidade rasa (denotada pela escassez de matéria orgânica em sedimentos, principalmente de origem vegetal), de pH básico (indicado pelos depósitos de calcário de Ponte Alta e Agudos, e mesmo pelo cimento carbonático dos arenitos).

Conforme os resultados de análises químicas, a relação Mn/Fe pouco variável nos calcários da Formação Bauru indicaria condições de pH e Eh relativamente uniformes nos meios de transporte e deposição em todas as regiões de ocorrência de calcários da Formação Bauru. Neste meio de pH básico a sílica solubilizada mais dificilmente se precipitaria, sendo, talvez, a razão porque a silicificação singenética dos sedimentos, principalmente calcários, não foi muito intensa.

A natureza flúvio-lacustre dos sedimentos da Formação Bauru é denunciada também pelos tipos de estruturas sedimentares singenéticas descritas no item 10 do Capítulo III.

Além disso, as associações espaciais dos litossomas, aliadas as suas características texturais, sugerem um ambiente fluvial do tipo de planície de inundação. Esta planície deveria estar ligada a um rio com características anastomosantes ("braided river") do que meandrantes ("meandering river").

FISK (1947; in WRIGHT, 1959) estabelece uma distinção básica entre um rio meandrante e anastomosante. Enquanto um rio meandrante deposita o material transportado,principalmente nas curvas internas dos meandros migrantes sob forma de depósitos de "point bars" (barras de meandros), um rio anastomosante é tão sobrecarregado de sedimentos, que a erosão lateral é reduzida e o material é também depositado no próprio canal, como bancos de canais.

Segundo DOEGLAS (1962) os rios anastomosados caracterizam-se por flutuações muito grandes nas suas descargas, e

as principais condições para que estas variações ocorram seriam:

a) Condições climáticas - Clima semi-árido ou árido com tempestades e longos períodos de seca; ou ártico, com longos períodos de nevada e rápido degelo.

b) Subsolo impermeável - Na área ao longo do percurso do rio, pouca água é perdida por infiltração, de modo que propicia contínuo suprimento de água.

c) Pouca vegetação - Causando violenta denudação superficial, em virtude da escassez de vegetação, agente com poder filtrante bastante grande na retenção dos sedimentos.

d) Grande declividade - Fato que propicia fornecimento de maior quantidade de detritos do que a capacidade transportadora (competência) dos rios.

Em resumo, os agentes (a) e (d) são os mais importantes, indicando que o estabelecimento de uma drenagem anastomosante pode ser um produto, tanto do clima (aridez), como da grande declividade, ocasionada por fatores tectônicos.

LEOPOLD e WOLMAN (1955) demonstraram que, se uma corrente é meandrante ou anastomosante, depende largamente da relação entre o declive e a descarga. Acentuaram ainda que para uma dada descarga existe um determinado declive, atingido o qual, um rio anastomosado pode se tranformar em meandrante. Do mesmo modo, para um dado declive, um pequeno aumento de carga sedimentar pode causar uma mudança de rio meandrante para um rio anastomosante.

No caso do sistema fluvial que propiciou a deposição dos sedimentos da Formação Bauru, durante a evolução dos processos que ocasionaram o empilhamento de espessura original talvez superior a 300 m em muitos lugares, é bastante provável que os rios passassem de anastomosante para meandrante e vice-versa, mas predominando no conjunto o primeiro tipo.

Neste panorama flúvio-lacustre de deposição, parece

ter existido pequenos deltas lacustres, fato demonstrado pelas estratificações cruzadas com dimensões maiores encontradas no trecho entre o Canal de São Simão e Jataí, no Estado de Goiás.

As medidas de paleocorrentes, efetuadas principalmente na região de Uberaba, baseadas em orientações de camadas frontais de estratificações cruzadas (item 11 do Capítulo III), indicaram uma tendência generalizada de transporte de sedimentos para os quadrantes SW e SE, em consonância com os dados obtidos por ARID (1967) na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. É interessante notar que as estratificações cruzadas medidas na rodovia SP-333 (Guarantã, SP), embora tenham indicado paleocorrente para o quadrante NE, são pouco representativas, não somente pelo fato de constituirem dados isolados e localizados, mas também em virtude do seu baixo fator de consistência (38%), enquanto que este fator foi bem mais alto em outros locais de medição, portanto mais merecedores de crédito (Tabela 2). Em vista disso, pode-se considerar que não foram encontradas, por medidas de estratificações cruzadas, evidências claras de transporte de materiais para o N em nenhuma das áreas aqui estudadas, sugerindo mesmo que o paleodeclive fosse sempre para SW ou SE.

As petrofábricas dos conglomerados, cujos resultados estão no item 11.2 do Capítulo III, e resumidos na Tabela 3, forneceram resultados erráticos, caracterizados por baixíssimos fatores de consistência, portanto merecedores de pouquíssimo ou nenhum crédito como efetivos índices de paleocorrentes. Se de um lado as orientações dos seixos mostraram a impropriedade de sua utilização como indicadores de paleocorrentes da Formação Bauru, por outro lado, podem sugerir algo sobre a natureza muito viscosa dos seus meios deposicionais, do tipo de escorregamentos em massa.

As características de água doce, dos sedimentos da Formação Bauru foram também muito bem confirmadas pelas rela

ções de composição isotópica de carbono e oxigênio de calcários, discutidos no item 7 do Capítulo IV.

3 - AMBIENTE TECTÔNICO DE SEDIMENTAÇÃO

A idéia de natureza tectônica generalizada para os depósitos cretáceos brasileiros, tanto costeiros (ambientes transicional a marinho), como do interior (ambiente continental) tem sido defendida por FREITAS (1951: 22). Principalmente no que se refere ao Cretáceo Continental, o citado autor pondera que: "Não se pode encarar uma sedimentação terrígena fluvial e lacustre, tão extensa como o Cretáceo Continental Brasileiro, sem admitirmos que o país se achava naquele período conformando uma vasta bacia tectônica continental. Simples fenômenos fisiográficos ou oscilações climáticas puras com aumentos de pluviosidade não são hábeis para explicar a extensão de uma sedimentação tão generalizada como a do Cretáceo..." Continuando o mesmo autor explica que: "Considerando-se esses fatos, o Cretáceo Continental depositou-se quando o país se achou em um nível tectônico bem inferior ao atual, na disposição de uma legítima bacia tectônica, para garantir tal sedimentação".

Em 1955 (129-130), o mesmo autor admite ter encontrado associações litológicas tectótopas na Formação Bauru, correspondentes a uma bacia intracratônica, combinando com o ambiente sedimentar continental. Mais tarde, ARID (1967: 112) faz também considerações sobre a tectônica sedimentar da Formação Bauru e concluiu que a litofácies da região por ele estudada, enquadra-se bem no quadro da sedimentação continental de uma grande bacia intracratônica.

O autor deste trabalho também está de acordo com as considerações tectônicas de FREITAS (1951 e 1955) e ARID (1967). A idéia de tectônica sinsedimentar tem-se reforçado por novas evidências trazidas pelos trabalhos de AMARAL

e ARID (1971), vindo corroborar esta hipótese os próprios dados coligidos durante a realização deste trabalho, discutidos no item 4.2 do Capítulo I. As perturbações nas camadas argilosas, encontradas na Serra da Galga (Figuras 40 a 42) poderiam sugerir instabilidade tectônica sinsedimentar, não tendo resultado apenas da sobrecarga dos materiais sedimentares superpostos. Os próprios depósitos rudáceos da Fácies Ponte Alta poderiam ser um reflexo local aos grandes desníveis surgidos por tectônica de falhamentos, caso em que poderiam ser chamados pelo seu nome de implicação genética: fanglomerados. Os conglomerados da Fácies Itaqueri de FREITAS (1955), nesta linha de pensamentos, podem ser enquadrados a desníveis locais mais acentuados na parte mais central da bacia (Estado de São Paulo), fato que viria explicar as descontinuidades dessa fácies neste estado, constatadas por vários autores e, entre eles mais recentemente por MEZZALIRA (1972).

Além dessas evidências todas, não se pode entender a preservação de registros geológicos dessa envergadura, sem estarem associadas a bacias sedimentares, rebaixadas por tectônica de falhamentos, enquanto o país todo passava por processos epirogenéticos positivos.

4 - AMBIENTE PALEOCLIMÁTICO DE SEDIMENTAÇÃO

O autor acredita que a admissão do caráter tectônico da Formação Bauru é um ponto pacífico, isento de discussões, porém maiores problemas surgem quanto ao paleoclima que teria assistido a sedimentação desses depósitos.

Naturalmente, se o paleoclima foi semi-árido explicaria algumas das características sedimentares comuns a depósitos de origem tectônica, porém deve-se ter em mente que estes agentes não são mutuamente exclusivos. Em outras palavras, sedimentos imaturos e depósitos rudáceos, por exemplo, podem ser perfeitamente produtos da interação de paleoclima

árido ou semi-árido e atividades tectônicas. E, justamente pelo fato de agentes diferentes atribuirem características similares aos depósitos, quando eles se inter-agem fica difícil estabelecer a presença ou a ausência do paleoclima semi-árido agindo sobre os depósitos sedimentares de origem tectônica.

Apesar de algumas das propriedades assumidas pelos sedimentos serem peculiares aos processos tectônicos ou climáticos, muitas das características oferecem oportunidades de interpretação ambivalente. Embora não se pretenda estabelecer qualquer analogia entre os sedimentos da Formação Bauru e os depósitos neocenozóicos continentais do sudeste brasileiro, os problemas colocados em discussão durante o XXV Congresso Brasileiro de Geologia, no Simpósio sobre o Quaternário, são da mesma natureza.

Já conhecendo as dificuldades de interpretação paleoclimática de depósitos dessa natureza, fato que será enfatizado ainda neste capítulo, limitar-se-á nesta altura da exposição a procura de evidências que conduzam a clima úmido ou clima árido.

As evidências que caracterizam mais claramente paleoclimas semi-árido ou úmido na Formação Bauru são mais escassas, pois a maior parte das características atribuíveis ao clima semi-árido confundem-se com os efeitos que também poderiam resultar por fenômenos meramente tectônicos. Principalmente a imaturidade textural e mineralógica dos arenitos, associada a sedimentação rudácea, podem muito bem sugerir atividades tectônicas em ambiente climático semi-árido ou mesmo úmido.

Alguns aspectos de sedimentação da Formação Bauru, principalmente dos depósitos carbonáticos, lembram muito os sedimentos de caliche, típicos de clima árido ou semi-árido. As feições texturais e estruturais, tanto em exame macroscópico como microscópico, são bastante semelhantes. O teor muito

baixo de MnO poderia sugerir que a deposição dos calcários da Formação Bauru tivesse se realizado em clima seco.

Por outro lado, podem ser consideradas evidências de clima úmido os seguintes fatos: presença de fósseis, mormente de vertebrados de grande porte (répteis e quelônios), valor relativamente baixo dos isótopos de oxigênio (- 4,00 a - 8,00 $^{o}/oo$ de $\delta\ O^{18}$ PDB), valores muito baixos da relação TiO_2/Al_2O_3 e principalmente a presença generalizada dos minerais de argila do grupo da atapulgita, tanto nos sedimentos calcários como nos sedimentos detríticos associados.

Segundo MILLOT (1964) a presença da atapulgita não pode ser explicada por herança detrítica. Esses silicatos seriam formados em lagos caracterizados por franca sedimentação química básica (alcalina), testemunhada pela presença de carbonatos e freqüência de fenômenos de silicificação. Este mineral constitui um silicato de síntese a partir de produtos resultantes da meteorização de rochas submetidas a climas fortemente hidrolizantes e de grande estabilidade,o que diminui a contribuição detrítica.

Em Portugal são comuns extensas formações geológicas, em geral de idade terciária inferior, contendo atapulgita, que forneceria segundo CARVALHO (1967) elementos paleoclimáticos e paleogeográficos. Associados que se acham estes silicatos, a conglomerados de matriz arenosa com cimento carbonático; a arenitos grosseiros, médios e finos de cimento carbonático; a argilitos e calcários compactos mais ou menos dolomíticos, arenosos ou não, com núcleos de silicificação,grande é a semelhança com os sedimentos da Formação Bauru, principalmente da região de Uberaba.

Para se ter uma idéia da complexidade de interpretação de evidências paleoclimáticas em depósitos deste gênero, basta citar os trabalhos de CARVALHO (supra mencionado) em confronto com o trabalho de RAMALHAL (1968). O primeiro atribui a estes depósitos portugueses clima úmido, de regime tro

pical. Segundo o autor, não seria difícil de imaginar,mesmo em regime tropical, a existência de relevos jovens, ativos, que enviassem para zonas deprimidas e inundadas, em regime espasmódico, enxurradas de material detrítico pouco ou nada alterado que se adicionasse ao processo calmo de sedimentação química (carbonática) em curso. Neste ambiente morfoclimático, da intensidade relativa dos dois tipos de sedimentação, detrítica (torrencial ou organizada) e química, resultariam os múltiplos tipos de sedimentos encontrados.RAMALHAL (op. cit.), estudando em detalhe a sedimentologia de uma das ocorrências mencionadas por CARVALHO (op. cit.), chamada de "Mancha de Vale Álvaro", concluiu que os depósitos se formaram em condições climáticas sub-desérticas. Os calcários do Vale Álvaro, como no caso dos sedimentos da Formação Bauru, apresentam oogônios fósseis de Caráceas.

Porquanto não se possa chegar a uma conclusão definitiva sobre o paleoclima, as evidências apresentadas indicam, em maior número, um possível clima úmido durante a sedimentação da Formação Bauru. É provável que os argumentos mais fortes neste sentido sejam a presença da atapulgita e dos restos fósseis de vertebrados gigantes.

5 - PROVÁVEL AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO DA FORMAÇÃO BAURU

A idéia que o autor faz, como um dos resultados deste trabalho, do ambiente de sedimentação da Formação Bauru está esquematizada na Figura 59.

A bacia de deposição da Formação Bauru deve ter resultado dos últimos eventos tectônicos de caráter mais amplo,da bacia sedimentar do Paraná, associada as manifestações conjuntas da sobrecarga dos grandes derrames basálticos, mais espessos rumo ao SW da atual área de ocorrência da Formação Bauru, e as atividades dos arcos de Ponta Grossa e Canastra.

Segundo FÚLFARO (1971) o levantamento geral das mar

gens da bacia é evidenciada pela deposição de sedimentos da Formação Bauru, de idade cretácea superior. A este tempo tem-se também o desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa, como ele atualmente se apresenta. Esse alto estrutural é o limite sul tectônico da formação, que é restrita a área setentrional da bacia. O limite norte deve ter-se manifestado através do alto formado pelo Arco da Canastra, embora parte da sedimentação transgredisse mesmo sobre as rochas cristalinas desse arco.

Nos limites daqueles arcos estruturais se configurou o ambiente tectônico em que ocorreu a deposição dos sedimentos da Formação Bauru. Além disso, as paleocorrentes sempre dirigidas principalmente para SW indicariam o paleodeclive geral durante toda a duração da sedimentação desta unidade. Estando as maiores espessuras na parte SE, como foi demonstrado em outras partes deste trabalho, dever-se-ia esperar, talvez, por depósitos mais grosseiros nessa borda também, da mesma maneira que ocorre nas bordas NE e NW nos Estados de Minas Gerais e Goiás, mas tal não ocorre. Este fato pode ser explicado por uma bacia monoclinal, de ativa tectônica sinsedimentar, inclinada para o Arco de Ponta Grossa, com soerguimento mais acelerado do lado norte, junto ao Arco de Canastra, enquanto que o soerguimento do arco sul foi gradual e lento, acompanhando o ritmo de sedimentação, de tal modo que nunca chegasse a existir um desnível muito grande entre a fonte de sedimentos e o sítio de deposição. Imaginando-se essa situação poderiam ser explicadas, a orientação unidirecional das paleocorrentes, a ocorrência de fácies rudácea de borda só ao norte com diminuição de granulação para SW, e tantos outros fatos relacionados.

Outra hipótese, de validade mais remota, é que a parte preservada da Formação Bauru correspondesse a metade setentrional da bacia original, já erodida na sua parte sul. Porquanto não se tenham encontrado depósitos comprovadamente

correlacionáveis à Formação Bauru, em áreas muito afastadas ao sul do Arco de Ponta Grossa, parece indicar que esta hipótese seria possível mas não provável.

Além disso, durante a sedimentação da Formação Bauru, tal como foi admitido por FÚLFARO (1971: 89), os depósitos dessa formação representam condições de melhoria climática da fase pós-Grupo São Bento.

Os estudos aqui efetuados indicam que provavelmente esta melhoria de condições climáticas não foi brusca. É possível mesmo que, durante a deposição da Fácies Ponta Alta (= Fácies Itaqueri) subsistissem resquícios de clima semi-árido. Neste ambiente, por integração dos efeitos de clima semi-árido e de atividades tectônicas sinsedimentares pode ter ocorrido a deposição dos calcários e sedimentos rudáceos associados. É muito sugestiva também a maior incidência de achados de jazigos fossilíferos de vertebrados em níveis arenosos acima dos bancos calcários, na região de Peirópolis (Município de Uberaba, MG) e mesmo na Serra da Galga (anteriormente mencionada). Este fato poderia indicar uma passagem de clima semi-árido, na época de deposição dos calcários, para clima mais úmido, quando répteis gigantescos viveram mais intensamente deixando portanto maior número de registros.

Além disso, os depósitos calcários estabelecidos principalmente em duas áreas geograficamente distantes de mais de 300 km em linha reta, em Ponte Alta e Agudos, sugerem ligação genética com os basaltos da Formação Serra Geral. A contribuição mais substancial dos basaltos na parte inferior da Formação Bauru, no Estado de São Paulo, havia sido notada por FREITAS (1955). Os calcários foram provavelmente sedimentados por precipitação química, embora muito dificilmente dispensando em sua constituição substancial contribuição clástica de detritos quartzosos, em lagos de águas básicas supersaturadas em bicarbonato de cálcio. Este bicarbonato foi certamente derivado dos piroxênios e feldspatos cálcicos dos

basaltos, fato que parece ser confirmado pelos teores anormalmente altos de Ba nos calcários, conforme foi discutido no item 8.4.7 do Capítulo IV.

A contribuição dos basaltos da Formação Serra Geral, embora tenha diminuído de intensidade, tornando-se insuficiente para depositar camadas calcárias contínuas mais ou menos puras, foi efetiva durante toda a deposição da Formação Bauru, na preservação da alcalinidade do meio de deposição, propiciando a formação de minerais do grupo da atapulgita e do carbonato, desta vez precipitado apenas como nódulos, muito freqüentes no Estado de São Paulo, ou como cimento de rochas clásticas. No Capítulo IV foi verificado a extrema similaridade textural, mineralógica e química dos nódulos e dos calcários em camadas.

Na fase em que diminuiu a contribuição basáltica, as maiores irregularidades do fundo da bacia estariam preenchidas por materiais rudáceos e calcários, associados a reativações tectônicas, depositando-se na borda norte, onde constituem atualmente a Fácies Ponte Alta da região de Uberaba (MG) e sul de Goiás, e nas irregularidades da parte mais central da bacia, onde se depositaram os materiais conhecidos hoje como Fácies Itaqueri.

Em seqüência sobreveio uma fase de sedimentação mais calma, que poderia propiciar deposições carbonáticas mais volumosas, se não fora a diminuição do fornecimento de bicarbonato de cálcio proveniente dos basaltos, cuja área de exposição já deveria estar bastante restrita.

Em resumo, a Formação Bauru teria sido depositada em água doce com sedimentação clástica e química, em ambiente flúvio-lacustre, assistida por tectônica sinsedimentar e por um clima provavelmente semi-árido, no início, passando em seguida a úmido, talvez de regime mesmo tropical, quando então puderam desenvolver-se a fauna e flora atualmente encontrados como fósseis associados a seus sedimentos. Esta mudança

de condições climáticas durante a deposição da Formação Bauru poderia explicar os valores relativamente baixos de composição isotópica de oxigênio encontrados nos calcários, denotando influência do clima úmido sobre calcários depositados em clima árido ou semi-árido precedente.

6 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BAURU

O único recurso mineral mais importante ligado aos sedimentos da Formação Bauru, até hoje conhecido, é o calcário.

As ocorrências mais importantes de calcário estão na área de Ponte Alta (Município de Uberaba, MG). Como foi visto no item 2 do Capítulo II, a grande maioria das amostras de calcários analisadas neste trabalho provêm desta área. Nesta área, 87% das amostras analisadas, no presente trabalho, mostraram teor de MgO entre 0 a 6,00%. Quanto aos teores de CaO, variaram de 35 a 45% em 54% dos casos que, somado aos valores de perda ao fogo (atribuível principalmente ao CO_2), mais comumente variando entre 35 a 40%, ter-se-ía uma média de 70 a 85% de $CaCO_3$.

Além dos teores de MgO e CaO nos calcários, outro problema que pode constituir óbice para a sua exploração é a relação estéril: minério. Em 1969, na pedreira José Rezende situada na margem esquerda do ribeirão Ponte Alta, de propriedade da CCPPA, segundo GUIMARÃES (1969), para a produção de 919 toneladas de calcário foi necessário remover capeamento e rejeito de 109 toneladas, tendo-se assim aproximadamente uma relação 1 de estéril para 10 de calcário, que corresponde a um rendimento de lavra de 90%. Para a mina toda foi estimada, na época, uma relação capeamento/minério igual a 1,2.

Em Ponte Alta o calcário é explorado pela CCPPA (Companhia de Cimento Portland Ponte Alta) por lavra seletiva para obter material com cerca de 9,9% de SiO_2 e 1,8% de MgO

(segundo BARBOSA e outros, 1970: 124). Ainda, segundo estes autores, a área de calcários Bauru cartografados seria de 120 km^2 com bancos de 4 a 7 m de espessura, o que daria uma reserva superior a 15 bilhões de toneladas. Mesmo que somente 1/5 seja explorável economicamente, ter-se-ía uma reserva apreciável de 3 bilhões de toneladas. Os principais impedimentos para a exploração econômica do calcário para a fabricação de cimento, por exemplo, são os teores de CaO, SiO_2, Fe_2O_3 e MgO e também a espessura da capa de estéreis.

A produção atual (1971) da fábrica da CCPPA, em Ponte Alta, é da ordem de 3 500 sacos/dia em média. Quando concluído o segundo forno, atualmente em fase final de montagem, está prevista uma produção de 144 000 toneladas/ano de cimento portland, o que corresponde a duplicação da produção.

Outra localidade importante pela ocorrência de calcários é a região de Agudos (SP). Embora bem menos conhecidos do que em Ponte Alta, sabe-se que a sua reserva é relativamente pequena. O assunto foi anteriormente objeto de pesquisa de convênio firmado entre o IGG (Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo) e o SVT (Serviço do Vale do Tietê). Em virtude de reserva e teores bem inferiores a área anterior, associado a possível espessamento maior de estéreis, a sua importância é menor do que aquela, mas pode ter interesse local e justificaria o planejamento de um programa de pesquisa mais detalhada nesta área, talvez para produção de corretivos de acidez dos solos.

Outro produto de menor importância são as argilas aluminosas que ocorrem em brejos nos chapadões do Arenito Bauru, nas cabeceiras de pequenos cursos d'água. Algumas ocorrências deste tipo estão sendo lavradas.

Embora sendo de qualidade inferior aos arenitos da Formação Botucatu, os sedimentos da Formação Bauru são também aqüíferos muito importantes, principalmente, no Planalto

Ocidental do Estado de São Paulo. É nesta área também que os solos agrícolas são predominantemente derivados dos sedimentos dessa formação.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER,A.N. - 1969 - Os baixos chapadões do Oeste Paulista - Geomorfologia 17: 1-8, Instituto de Geografia - Univ. de São Paulo.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1956 - The West Central Plateau and Mato Grosso Pantanal - 18th. Intern. Geogr. Congr., Exc. Guide Book 1, 5-55, Rio de Janeiro.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista - in Geologia do Estado de São Paulo - Instituto Geográfico e Geológico (IGG), Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 41: 167-263, São Paulo.

ALMEIDA, F.F.M. de e BARBOSA, O. - 1953 - Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo - DNPM-DGM, 143, Rio de Janeiro.

AMARAL, G. e ARID, F.M. - 1971 - Trend surface analysis aplicada ao estudo da Formação Bauru no noroeste do Estado de São Paulo - Bol. Especial nº 1: Resumo de Comunicações (sessões técnicas) do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, p. 113, São Paulo, SP.

AMARAL, S.E. do - 1971 - Geologia e petrologia da Formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo - Bol. IGA/USP, nº 2: 5-81, São Paulo.

ANDRADE, G.O. de - 1964 - Os climas (Cap. VII) - in Brasil, a terra e o homem - vol. I: As bases físicas - Companhia Editora Nacional: 397-457, São Paulo.

APFEL, E.T. - 1938 - Phase sampling of sediments - Journal of Sed. Petrol., 8: 67-68.

ARID, F.M. - 1967 - A Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo - Faculdade de Filosofia,Ciências e Letras de São José do Rio Preto, Geociências nº1: 126 pp, São José do Rio Preto, SP.

ARID, F.M. - 1972 - Teste de SAHU aplicado ao estudo de sedimentos da Formação Bauru (Ks) - Bol. nº 1: Resumo de Comunicações (sessões técnicas) do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, p. 116, Belém,PA.

ARID, F.M. - 1973 - Comportamento espacial da Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo - Revista Brasileira de Geociências, vol. 3 (1): 23-35.

ARID, F.M. e VIZOTTO, L.D. - 1963 - Sobre vertebrados fósseis no Município de Ibirá, São Paulo - Ciên. e Cultura, vol. 15 (3): 181, São Paulo.

ARID, F.M. e VIZOTTO, L.D. - 1965 - Crocodilídeos fósseis no Município de Santa Adélia, São Paulo - Ciên. e Cultura, vol. 17 (2): 138, São Paulo.

ARID, F.M. e VIZOTTO, L.D. - 1966 - Um quelônio fóssil de São José do Rio Preto - Ciên. e Cultura, 18 (4):422-428, São Paulo.

ARID, F.M.; VIZOTTO, L.D. e LANDIM, P.M.B. - 1962 - A ocorrência de um jazigo fossilífero nos arredores de São José do Rio Preto - Ciên. e Cultura, vol. 14 (3): 172, São Paulo.

AZEVEDO, L.G. de - 1959 - Vegetação - Atlas do Brasil (Geral e Regional) - Segunda tiragem, I.B.G.E., Rio de Janeiro.

BARBOSA, O. - 1955 - Guia de excursões do IX Congresso Brasileiro de Geologia - Sociedade Brasileira de Geologia,Noticiário nº 3, 3-5.

BARBOSA, O; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C. e CUNHA, C.A.R. -1970- Geologia da região do Triângulo Mineiro - DNPM/DFPM,Bol. 136: 140 pp., Rio de Janeiro.

BERNARDES, L.M.C. - 1959 - Clima - Atlas do Brasil (Geral e Regional) - Segunda tiragem, IBGE, Rio de Janeiro.

BIGARELLA, J.J. e SALAMUNI, R. - 1958 - Sobre um aparelho para medição de estratificação cruzada - Dusenia 8 (1):41--43, Curitiba, PR.

BIGARELLA, J.J. e SALAMUNI, R. - 1962 - Características texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba - Bol. Univ. Fed. Paraná, Geol. nº 7, Curitiba.

CAILLÈRE, S. e HÉNIN, S. - 1963 - Minéralogie des Argiles - Masson et Cie. Editeurs, Paris, 355 pp.

CAROZZI, A.V. - 1960 - Microscopic Sedimentary Petrography - John Wiley and Sons Inc. Publishers, New York and London, 485 pp.

CARVALHO, A.M.G. de - 1967 - Atapulgite em alguns depósitos sedimentares portugueses. Considerações estratigráficas e morfoclimáticas - Finisterra: Rev. Port. Geografia, II (4): 174-200, Lisboa.

CATACOSINOS, P.A. - 1965 - Tables for determination of sphericity and shape of rock particles - Journal of Sed. Petrol., 35 (2): 354-365.

CLARKE, F.W. - 1924 - Data of geochemistry - U.S.Geol.Survey Bull. 770: 841 pp.

CLAYTON, R.N. e DEGENS, E.T. - 1959 - Use of carbon isotope analysis of carbonates for differentiating fresh-water and marine sediments - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 43: 890-897.

CORRENS, C.W. - 1949 - Einführung in die mineralogie - Berlin, Springer.

CRAIG, H. - 1957 - Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide - Geochim. et Cosmoch. Acta 12:133-149.

CURRAY, J.R. - 1956 - Dimensional grain orientation studies of recent coastal sands - Amer. Assoc. Petrol. Geol.Bull. 40: 2440-2456.

DEGENS, E.T. e EPSTEIN, S. - 1962 - Relationship between O^{18}/O^{16} ratios in coexisting carbonates, cherts and diatomites - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 46:534-542.

DEGENS, E.T. e EPSTEIN, S. - 1964 - Oxygen and carbon isotope ratios in coexisting calcites and dolomites from recent and ancient sediments - Geochim. et Cosmoch. Acta 28:23--44.

DOEGLAS, D.J. - 1962 - The structure of sedimentary deposits of braided rivers - Sedimentology, 1 (3).

DREIMANIS, A. - 1962 - Quantitative gasometric determination of calcite and dolomite by using Chittick apparatus - Journal of Sed. Petrol., 32 (3): 520.

DZULYNSKI, S. and WALTON, E.K. - 1965 - Sedimentary features of flysch and graywackes - Developments in Sedimentology nº 7: 37-41, 195-201, Elsevier Publ. Co.

EPSTEIN, S.; GRAF, D.L. e DEGENS, E.T. - 1964 - Oxygen isotope studies on the origin of dolomites - in Isotopic and Cosmic Chemistry - H. Craig, L. Miller and G.T. Wasserburg (editors), North Holland Publ. Co.,Amsterdam: 169-180.

FAIRBAIRN, H.W. e HURLEY, P.M. - 1970 - Evaluation of X ray fluorescence and mass spectrometric analyses of Rb and Sr in some silicate standards - 18th Ann. Rept.U.S.A.E.C. AT (30-1). 183 L, M.I.T.: 135-143.

FREITAS, R.O. de - 1951 - Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P., Bol. 130, Geologia 6, 120pp.,São Paulo.

FREITAS, R.O. de - 1955 - Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru (Estado de São Paulo) - Bol. da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P., nº 194, Geologia 14: 185 pp., São Paulo.

FREITAS, R.O. de - 1964 - Grupo Bauru - in Geologia do Estado de São Paulo - Instituto Geográfico e Geológico (IGG) Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Bol. nº 41: 126-147, São Paulo.

FOLK, R.L. - 1951 - Stages of textural maturity in sedimentary rocks - Journal of Sed. Petrol. 21 (3): 127-130.

FOLK, R.L. e WARD, W.C. - 1957 - Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. Journal of Sed. Petrol., 28: 3-26.

FULFARO, V.J. - 1970 - Contribuição à geologia da região de Angatuba, Estado de São Paulo. DNPM/DGM, Bol. nº 253: 82 pp., Rio de Janeiro.

FULFARO, V.J. - 1971 - A evolução tectônica e paleogeográfica da bacia sedimentar do Paraná pelo "trend surface analysis" - Geologia nº 14 da EESC da Universidade de São Paulo, 112 pp., São Carlos, SP.

FULFARO, V.J.; SUGUIO, K; LANDIM, P.M.B. e BÓSIO, N.J.-1971- Bacia do Paraná in Roteiro de Excursão do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Bol. Especial nº 2: 29-48, São Paulo.

GARRELS, R.M. e MACKENZIE, F.T. - 1971 - Evolution of Sedimentary Rocks - W.W. Norton and Co. Inc., New York, 397 pp.

GONZAGA DE CAMPOS, L.F. - 1905 - Reconhecimento da região compreendida entre Bauru e Itapura (Estrada de Ferro Noroeste do Brasil) - Tip. Ideal, 40 pp., São Paulo.

GRAF, D.L. - 1960 - Geochemistry of carbonate sediments and sedimentary carbonate rocks - I-IV; Illinois State Geol. Survey Circ. 297, 298, 301, 308: 250 pp.

GUIMARÃES, J.E.P. - 1969 - Relatório das atividades de lavra da mina de calcário e argila - Relatório interno da CCPPA.

HARRISON, P.W. - 1957 - New technique for three dimensional fabric analysis of till and englacial debris containing particles from 3 to 40 mm in size - Journal of Geology, 65: 98-105.

HASUI, Y. - 1968 - A Formação Uberaba - Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia: 167-179, Belo Horizonte, MG.

HASUI, Y. - 1969 - O Cretáceo do oeste mineiro. Bol. da Sociedade Brasileira de Geologia, 18 (1): 39-56.

HASUI, Y. e SADOWSKI, G.R. - 1972 - Membro Itaqueri e Fácies Ponte Alta - Resumo de Comunicações da XXIV Reunião da SBPC, 24 (6): 138, São Paulo.

HUSSAK, E. - 1906 - Uber die diamantlager in Westen des Staates Minas Gerais und der angranzenden Staates São Paulo und Goyaz, Bresilien - Zeitschrift für Praktische Geologie, Jg. 14: 318-333.

IHERING, R. von - 1911 - Fósseis de São José do Rio Preto-Rev. do Museu Paulista, 8: 141-146, São Paulo.

INMAN, D.I. - 1949 - Sorting of sediments in the light of fluid mechanics - Journal of Sed. Petrol., 19 (2):51-70.

INMAN, D.I. - 1952 - Measures for descriting the size distribution of sediments. Journal of Sed. Petrol., 2 (3): 124--145.

JOHNSON, J.H. - 1951 - An introduction to the study of organic limestones - Quarterly of the Colorado School of Mines, 46 (2): 185 pp.

KARLSTROM, T.N.V. - 1952 - Improved equipment and techniques for orientation studies of large particles in sediments. Journal of Geology, 60: 489-493.

KEITH, M.L. e DEGENS, E.T. - 1959 - Geochemical indicators of marine and fresh-water sediments - in Researches in Geochemistry: 38-61, John Wiley and Sons Inc.

KEITH, M.L. e WEBER, J.N. - 1964 - Carbon and oxygen isotopic composition of selected limestones and fossils. Geochim. et Cosmoch. Acta 28: 1787-1816.

KING, L. - 1956 - A geomorfologia do Brasil Oriental - Revista Brasileira de Geografia 18 (2): 147-265, Rio de Janeiro.

KNETSCH, G. - 1937 - Beiträge zur Kenntnis von Krustenbildungen - Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 89: 177-192.

KOTTLOWSKI, F.E. - 1965 - Measuring stratigraphic sections - Geologic field techniques series, Holt Rinehart and Winston, New York, 253 pp.

KRAUSKOPF, K.B. - 1955 - Sedimentary deposits of rare metals- Economic Geology, 50th Anniv. Vol.1905-1955: 411-463.

KRAUSKOPF, K.B. - 1957 - Separation of manganese from iron in sedimentary processes - Geochim. et Cosmoch. Acta 12: 61-84.

KRAUSKOPF, K.B. - 1959 - The geochemistry of silica in sedimentary environments - in Silica in Sediments. Soc. Economic Paleont. and Mineralogists, Special Publ. nº 7: 4-19.

KRUMBEIN, W.C. - 1939 - Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits - Journal of Geology, 47: 673-706.

KRUMBEIN, W.C. - 1941 - Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. Journal of Sed. Petrol., 11: 64-72.

LADEIRA, E.A. e outros - 1971 - O Cretáceo em Minas Gerais (Mesa Redonda do XXV Congresso Brasileiro de Geologia)Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. nº 1: 15--31, São Paulo.

LANDIM, P.M.B. e FULFARO, V.J. - 1971 - Nota sobre a gênese da Formação Caiuá - Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Vol. 2: 277-280, São Paulo.

LEINZ, V. - 1938 - A silicificação nos sedimentos gondwânicos no sul do Brasil e sua origem - DNPM/SFPM, Publ. Esp. nº 5, Rio de Janeiro.

LEINZ, V. - 1949 - Contribuição à geologia dos derrames basálticos no sul do Brasil - Fáculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P., Bol. nº 123, Geologia 5, 61 pp., São Paulo.

LEOPOLD, L.B. e WOLMAN, M.G. - 1955 - River channel patterns: braided meandering and straight. Geol. Surv. Prof. Paper 282-B: 39-85.

LERMAN, A. - 1966 - Boron in clays and estimation of paleosalinities. Sedimentology 6: 267-286.

LISBOA, A.M. - 1909 - Oeste de São Paulo e Sul de Mato Grosso (Estrada de Ferro Noroeste) - Relatório Com. E. Schnoor, 169 pp., Tip. Jornal do Comércio, Rio de Janeiro.

MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL - 1960 - Ministério da Agricultura, DNPM/DGM, Escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro.

MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL - 1971 - Ministério de Minas e Energia, DNPM/DGM, Escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro.

MARSCHNER, H. - 1968 - Relationship between carbonate grain size and non-carbonate content in carbonate sedimentary rocks - in Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe; Editores: German Müller e Gerald M. Friedman, Springer-Verlag, Berlin.

McCREA, J.M. - 1950 - On the isotope chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. Journal of Chem. Phys. 18: 849-857.

McDOWELL, J.P. - 1957 - The sedimentary petrology of the Mississagi Quartzite in the Blind River Area - Ontario Dept. of Mines, Geol. Circular 6: 31.

McKEE, E.D. e WEIR, G.H. - 1953 - Terminology for stratification and cross stratification in sedimentary rocks. Geol. Soc. Amer. Bull. 64 (4): 381-390.

MENDES, J.C. - 1963 - Código de Nomenclatura Estratigráfica (Tradução do Código da Comissão Americana de Nomenclatura Estratigráfica): Instituto de Geologia da Univ. Federal do Recife, Série Didática nº 1: 1-58, Recife, PE.

MEZZALIRA, S. - 1959 - Nota preliminar sobre as recentes descobertas paleontológicas no Estado de São Paulo no período de 1958-1959. Inst.Geográfico e Geológico, Notas Prévias nº 2: 1-9, São Paulo.

MEZZALIRA, S. - 1966 - Os fósseis do Estado de São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico (IGG), Bol. nº 45, São Paulo.

MEZZALIRA, S. - 1972 - Contribuição ao conhecimento da Estratigrafia e Paleontologia do Arenito Bauru - Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências da USP, 190 pp., São Paulo, SP (inédita).

MILLOT, G. - 1964 - Géologie des argiles - Masson et Cie., Paris.

MILWARD, G.B. - 1933 - Contribuição para a geologia do Estado de Goiás - Escolas Prof. Salesianas, 98 pp., São Paulo.

MORAES REGO, L.F. - 1935 - Camadas cretáceas do sul do Brasil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Anuário 4 (2): 231-234, São Paulo.

MÜLLER-JUNGBLUTH, W.U. - 1968 - Sedimentary petrologic investigation of the Upper Triassic "Hauptdolomit" of the Lechtaler Alps, Tyrol, Austria - in Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe; Editores: German Müller e Gerald M. Friedman, Springer-Verlag, Berlin.

OLIVEIRA ROXO, M.G. - 1936 - On new species of fossil Crocodila from Brazil, Goniopholis paulistanus sp. n. Acad. Bras. de Ciên. Vol. VIII (1): 33-34, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA ROXO, M.G. - 1937 - Crocodilianos fósseis do Brasil-Notas Preliminares e Estudos nº 14 - DNPM/DGM: 9-61,Rio de Janeiro.

OSMOND, J.C. - 1956 - Mottled carbonate rocks in the Middle Devonian of Eastern Nevada. Journal of Sed. Petrol. 26 (1): 32-41.

OSTROM, M.E. - 1957 - Trace elements in Illinois Pennsylvanian limestones - Illinois State Geol. Survey Circular 243: 1-34.

PACHECO, J. - 1913 - Notas sobre a geologia do vale do rio Grande a partir da foz do rio Pardo até a sua confluência com o rio Paranaíba (Exploração do rio Grande e seus afluentes) - Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, pp. 33-38, São Paulo.

PARAGUASSU, A.B. - 1972 - Experimental silification of sandstone - Geological Soc. of America Bull., 83 (9): 2853-2858.

PARAGUASSU, A.B.; GANDOLFI, N. e LANDIM, P.M.B. - 1971 - Computação de parâmetros para determinação gráfica de ambientes de sedimentação. Estudos sedimentológicos 1 (1): 35-44, Rio Grande do Norte.

PELLETIER, B.S. - 1958 - Pocono paleocurrents in Pennsylvania and Maryland. Geol. Soc. Amer. Bull. 69: 1033-1064.

PETRI, S. - 1955 - Charophyta cretácicas de São Paulo (Formação Bauru). Bol. Soc. Bras. Geologia, 4 (1): 67-72, São Paulo.

PETTIJOHN, F.J. - 1931 - Petrography of the beach sands of Southern Lake Michigan. Journal of Geology, 39 (5): 432--455.

PETTIJOHN, F.J. - 1957 - Sedimentary Rocks - 2nd. Edition,New York, Harper and Brothers, 718 pp.

PINCUS, H.J. - 1953 - The analysis of aggregates of orientation data in the earth sciences. Journal of Geology 61 (6): 482-509.

PINCUS, H.J. - 1956 - Some vector and arithmetic operations on two dimensional orientation variates, with applications to geological data. Journal of Geology 64 (6): 533-558.

POWER JR., R. - 1961 - Backset beds in the Coso Formation, Inyo County, C.lifornia. Journal of Sed. Petrol. 31 (4): 603-607.

PRICE, L.I. - 1945 - A new reptil from the Cretaceous of Brazil - DNPM/DGM, Notas Preliminares e Estudos nº 25, Rio de Janeiro.

PRICE, L.I. - 1950a - On a new Crocodilian Sphagaesaurus from Cretaceous of the State of São Paulo, Brazil. Anais Acad. Bras.Ciên., tomo XXII (1): 77-83, Rio de Janeiro.

PRICE, L.I. - 1950b - Os crocodialianos da fauna da Formação Bauru do Cretáceo terrestre do Brasil Meridional. Anais Acad.Bras.de Ciên., tomo XXII, nº 4: 473-490, Rio de Janeiro.

PRICE, L.I. - 1953 - Os quelônios da Formação Bauru, Cretáceo terrestre do Brasil Meridional - DNPM/DGM, Bol. 147, Rio de Janeiro.

PRICE, L.I. - 1955 - Novos crocodilídeos dos Arenitos da Série Bauru, Cretáceo do Estado de Minas Gerais. Anais Acad.Bras.Ciên., tomo XXVII (4): 487-498, Rio de Janeiro.

PRYOR, W.A. - 1958 - Dip direction indicator. Journal of Sed. Petrol. 28: 230.

RAMALHAL, F.J.S. - 1968 - Estudo geológico e sedimentológico dos depósitos discordantes dos arredores de Bragança. Publ. do Instituto de Investigação Científica de Angola, 111 pp., Luanda.

REICHE, P. - 1938 - An analysis of cross-lamination. The Coconino Sandstone. Journal of Geology 46 (7): 905-932.

REYNOLDS, R.C. - 1963 - Matrix corrections in trace element analysis by X-ray fluorescence: estimation of the mass absorption coefficient by Compton scattering. The Amer. Mineral., 48 (9-10): 1133-1143.

RUNNELS, R.T. e SCHLEICHER, J.A. - 1956 - Chemical composition of eastern Kansas limestones. Geol. Survey of Kansas Bull. 119 (3): 83-103.

RUSNAK, G.A. - 1957 - A fabric and petrologic study of the Pleasantview Sandstone. Journal of Sed. Petrol. 27 (1): 41-56.

RUTTE, E. - 1958 - Kalkkrusten in Spanien. N. Jb. Geol. Pal. Abh. 106: 52-138.

SAHU, B.K. - 1964 - Depositional mechanisms from size analysis of clastic sediments. Journal of Sed. Petrol., Vol. 34: 73-83.

SAMES, C.W. - 1966 - Morphometric data of some recent pebble associations and their application to ancient deposits. Journal of Sed. Petrol., 36 (1): 126-142.

SHARMA, T. e CLAYTON, R.N. - 1965 - Measurement of O^{18}/O^{16} ratios of total oxygen from carbonates. Geochim. et Cosmochim. Acta 29: 1347-1353.

SOUZA SANTOS, P. - 1966 - Tecnologia de Argilas (3 volumes)- Apostila publicada pelo Instituto Tecnológico anexo à Escola Politécnica de Campina Grande (PB), segundo texto do Curso de Pós-Graduação ministrado na Escola Politécnica da USP.

STAESCHE, K. - 1944 - Uma tartaruga do Cretáceo Superior do Brasil. DNPM/DGM, Bol. 114: 28 pp., Rio de Janeiro.

STRAKHOV, N.M.; ZALMANZON, E.S. e GLAGOLEVA, M.A. - 1956 - Types of distribution of dispersed amounts of elements in sediments of the humid zones. Geochemistry (USSR); English translation, 1956 (6): 560-569.

SUGUIO, K. - 1969 - Contribuição à geologia da Bacia de Taubaté, Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. Bol. Especial da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, 106 pp., São Paulo.

SUGUIO, K. - 1971 - Textural modifications of well sorted sands as a response to dynamic processes in the sedimentary environments. Journal of Marine Geology, 7 (1): 13-25, Japan.

SUGUIO,K. - 1973 - Introdução à Sedimentologia - Editora Blücher - Editora da Univ.de São Paulo, 317 p., São Paulo.

SUGUIO,K., FULFARO,V.J. e COUTINHO,J.M.V. - 1971 - Tipos de contatos e estruturas sedimentares associadas da Bacia de São Paulo - XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Anais vol.2: 215-218, São Paulo.

SUGUIO,K. e PETRI,S. - 1972 - Stratigraphy of the Iguape-Cananéia Lagoonal Region Sedimentary Deposits, Brazil; Part I: Field observations and grain size analysis - Bol. I.G., Instituto de Geociências, USP, 4: 1-20, São Paulo.

WALKER,T.E. - 1962 - Reversible nature of chert-carbonate replacement in sedimentary rocks - Geol.Soc. Amer. Bull. 73: 237-242.

WANDERLEY,A. - 1934 - Relatório Anual do Diretor - Serviço Geológico e Mineral. do Brasil: 103-110, Rio de Janeiro.

WENTWORTH,C.K. - 1922 - A scale of grade and class terms for clastic sediments - Journal of Geology, 30: 377-392.

WOLF,K.H., CHILINGAR,G.V. e BEALES,F.W. - 1967 - Elemental composition of sedimentary carbonates - in Carbonate Rocks (Physical and Chemical Aspects); Editors: G. V. Chilingar e outros; Elsevier Publ.Co.; Developments in Sedimentology 9B, Netherlands.

WRIGHT,M.D. - 1959 - The formation of cross bedding by a meandering or braided stream - Journal of Sed. Petrol. 29(4): 610-615.

ZINGG,T. - 1935 - Beitrag zur schotteranalyse - Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt. 15: 39-140.