UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

GEOLOGIA E MINERALOGIA DO DIAMANTE DA SERRA DO ESPINHAÇO EM MINAS GERAIS

MARIO LUIZ DE SÁ CARNEIRO CHAVES

Orientador: Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero	
Examinadores:	Prof. Dr. Friedrich Ewald Renger	
	Prof. Dr. João Batista Moreschi	
	Prof. Dr. Othon Henry Leonardos	
	Prof. Dr. Rainer Aloys Schultz-Güttler	

SÃO PAULO
1997

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004809

GEOLOGIA E MINERALOGIA DO DIAMANTE DA SERRA DO ESPINHAÇO EM MINAS GERAIS

Mario Luiz de Sá Carneiro Chaves

Orientador: Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero
Co-orientador: Prof. Dr. Joachim Karfunkel

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Mineralogia e Petrologia

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
TZ399
ex. 2
U. S. P.

SÃO PAULO
1997

SUMÁRIO

Página

RESUMO xv

ABSTRACT xvii

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. Localização 2

1.2. Histórico sobre o diamante do Espinhaço 4

1.2.1. As viagens épicas 4

1.2.2. Trabalhos pioneiros 7

1.2.3. Estudos recentes 9

1.3. Objetivos da Tese 12

2. METODOLOGIA DE TRABALHO 15

2.1. Trabalhos de campo 15

2.1.1. Cartografia e coleta de dados sedimentológicos 15

2.1.2. Sistemática de estudo do diamante 16

2.1.3. Amostragem de minerais pesados 18

2.1.4. Cintilometria aplicada aos conglomerados 22

2.2. Trabalhos de laboratório 23

2.2.1. Preparação das amostras de sedimentos 23

2.2.2. Métodos ópticos convencionais 24

2.2.3. Difratometria de raios X 24

2.2.4. Fluorescência de raios X 26

2.2.5. Microssonda eletrônica 26

2.2.6. Microscopia eletrônica de varredura 27

2.2.7. Espectroscopia de absorção no infravermelho 27

2.2.8. Análises por ativação com nêutrons 28

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL 30

3.1. Estratigrafia 30

3.1.1. Embasamento Pré-Espinhaço 30

3.1.2. Supergrupo Espinhaço 31

3.1.3. Supergrupo São Francisco 35
3.2. Geologia estrutural 35
3.3. Evolução geológica 37
3.4. Mineralizações diamantíferas 40
3.4.1. Depósitos secundários do Proterozóico 40
3.4.2. Depósitos mesozóicos-cenozóicos 42
3.4.3. Controle geomorfológico atual 44

4. DISTRITO DIAMANTÍFERO DE DIAMANTINA 48
4.1. Geologia e distribuição areal da Formação Sopa Brumadinho 48
4.2. Conglomerado Sopa 53
4.2.1. Principais campos diamantíferos 53
4.2.1.1. Campo de Sopa-Guinda 56
4.2.1.2. Campo de São João da Chapada 61
4.2.1.3. Campo de Datas 64
4.2.1.4. Campo de Extração 67
4.2.2. Sedimentologia e Faciologia 70
4.2.2.1. Rochas quartzíticas 71
4.2.2.2. Rochas conglomeráticas 72
4.2.3. Interpretações paleogeográficas 93
4.2.3.1. Ambiente de leque aluvial - aspectos gerais 93
4.2.3.2. As rochas conglomeráticas de Diamantina no contexto 95
4.2.4. Dados econômicos 97
4.3. Depósitos fanerozóicos 101
4.3.1. Conglomerados cretácicos 101
4.3.2. Depósitos coluvionares 102
4.3.3. Depósitos aluvionares 108
4.3.4. Dados econômicos 109

5. DISTRITO DIAMANTÍFERO DE GRÃO MOGOL 116
5.1. Geologia 116
5.1.1. Embasamento Pré-Espinhaço 116
5.1.2. Supergrupo Espinhaço 118
5.1.3. Grupo Macaúbas 122
5.1.4. Cobertura Laterítica 125
5.1.5. Colúvios e Sedimentos Recentes 125

5.2. Depósitos diamantíferos 126
5.2.1. Tipologia dos depósitos 126
5.2.1.1. Conglomerado Grão Mogol 126
5.2.1.2. Depósitos elúvio-coluvionares 127
5.2.1.3. Depósitos aluvionares 127
5.2.2. Dados econômicos 128

6. DISTRITO DIAMANTÍFERO DA SERRA DO CABRAL 130
6.1. Geologia 130
6.1.1. Supergrupo Espinhaço 130
6.1.2. Grupo Macaúbas 132
6.1.3. Grupo Bambuí 133
6.1.4. Formação Areado 133
6.1.5. Cobertura Laterítica 134
6.1.6. Fanglomerados Plio-pleistocênicos 134
6.1.7. Sedimentos Recentes 136
6.2. Depósitos diamantíferos 138
6.2.1. Tipologia dos depósitos 138
6.2.1.1. Depósitos fanglomeráticos 142
6.2.1.2. Depósitos coluvionares 142
6.2.1.3. Depósitos aluvionares 142
6.2.2. Dados econômicos 143

7. MINERAIS PESADOS 144
7.1. Características gerais 145
7.2. Minerais de aluviões recentes 148
7.3. Minerais do Conglomerado Sopa 163
7.4. Estudo das granadas 168
7.4.1. Região da Serra do Espinhaço 168
7.4.2. Comparações com a região de Coromandel 169
7.5. Origem e distribuição dos minerais nas regiões estudadas 180

8. MINERALOGIA DO DIAMANTE DO ESPINHAÇO 181
8.1. Aspectos gerais sobre a mineralogia do diamante 182
8.2. Distribuição de peso e granulometria 183
8.3. Morfologia 188

8.3.1. Métodos classificatórios 188
8.3.2. Hábitos cristalinos observados 191
8.4. Figuras de superfície 200
8.5. Cores 203
8.6. Luminescência 207
8.7. Espectros de absorção no infravermelho 209
8.7.1. Evolução do conhecimento sobre o método 209
8.7.2. Espectros infravermelhos obtidos 212
8.8. Inclusões 217
8.9. Capas verdes e marrom 221
8.9.1. Características gerais 221
8.9.2. Freqüência nos depósitos x minerais pesados e cintilometria 223
8.9.3. Discussão sobre a distribuição dos diamantes encapados 226
8.9.4. Procedimentos experimentais 228
8.9.5. Origem dos diamantes encapados 230
8.10. Variedades policristalinas 234
8.10.1. Classificação 234
8.10.2. Descrição das variedades policristalinas no Espinhaço 235
8.10.2.1. Agregados policristalinos complexos 235
8.10.2.2. *Ballas* 236
8.10.2.3. Carbonado 237
8.11. Caracterização gemológica 242
8.11.1. Aspectos gerais 242
8.11.2. Gemologia do diamante do Espinhaço 246

9. DISCUSSÃO SOBRE A ORIGEM DO DIAMANTE DO ESPINHAÇO 251
9.1. Depósitos primários em Minas Gerais: uma análise crítica 252
9.2. O diamante do Espinhaço no tempo e no espaço 254
9.2.1. Modelos regionais de redistribuição 254
9.2.2. O aporte de diamantes nos conglomerados do tipo Sopa 256
9.2.3. Proposta para a origem do diamante do Espinhaço 261

10. CONCLUSÕES 267

11. AGRADECIMENTOS 270

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 271

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Distribuição geográfica da Serra do Espinhaço e da unidade estratigráfica que a sustenta, o Supergrupo Espinhaço, na região centro-oriental brasileira 3

Figura 2: Principais regiões diamantíferas de Minas Gerais indicando as áreas da Serra do Espinhaço onde foram conduzidos os estudos sobre o diamante 5

Figura 3: Fichas utilizadas para o cadastro de diamantes amostrados na Serra do Espinhaço e adjacências 17

Figura 4: Pontos de amostragem para minerais pesados em conglomerados da For- Formação Sopa Brumadinho e em depósitos aluvionares no Distrito de Diamantina 20

Figura 5: Principais áreas diamantíferas e pontos de amostragem para minerais pesados nos distritos de Grão Mogol e da Serra do Cabral 21

Figura 6: Seqüência de atividades obedecidas na amostragem de campo e na preparação/estudo dos minerais pesados em laboratório 25

Figura 7: Geologia da região da Serra do Espinhaço em suas porções meridional e central 31

Figura 8: Coluna estratigráfica da Serra do Espinhaço em sua porção meridional, levantada no paralelo da cidade de Diamantina 34

Figura 9: Perfis geomorfológicos e ciclos de aplainamento na Serra do Espinhaço em suas porções meridional, central, e na Serra do Cabral, mostrando os principais tipos de depósitos diamantíferos associados 47

Figura 10: Geologia do Distrito Diamantífero de Diamantina 49

Figura 11: Geologia de Campo Diamantífero de Sopa-Guinda 57

Figura 12: Geologia do Campo Diamantífero de São João da Chapada 62

Figura 13: Geologia do Campo Diamantífero de Datas 66

Figura 14: Geologia do Campo Diamantífero de Extração 68

Figura 15: Geologia detalhada das vizinhanças de Guinda, mostrando as áreas de afloramento e lavra do Conglomerado Sopa, e os diagramas de direção de paleocorrentes medidas em quartzitos do Supergrupo Espinhaço 73

Figura 16: Seções de detalhe levantadas longitudinalmente ao longo da Lavrinha, Campo de Sopa-Guinda 76

Figura 17: Áreas de afloramento do Conglomerado Sopa e perfis detalhados nas

lavras Boa Vista e Serrinha, Campo de Extração 77
Figura 18: Histogramas da granulometria da matriz (arenosa) do Conglomerado Sopa em lavras do Campo de Sopa-Guinda 81
Figura 19: Histogramas da granulometria da matriz (mais pelítica) do Conglomerado Sopa em lavras do Campo de Extração, e das rochas brechóides nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada 82
Figura 20: Histogramas do diâmetro médio dos fenoclastos do Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração, e das rochas brechóides nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada 87
Figura 21: Diagramas circulares, mostrando as litologias dos clastos que compõem o Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração 89
Figura 22: Histogramas comparativos da relação de tipos litológicos selecionados dos fenoclastos com o seu diâmetro médio, entre os campos de Sopa-Guinda e de Extração 91
Figura 23: Histogramas dos graus de arredondamento do Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração, e das rochas brechóides no Campo de Sopa-Guinda 92
Figura 24: Esquema geral de um ambiente de leque aluvial, com uma proposta para o posicionamento dos campos diamantíferos do Distrito de Diamantina nesse contexto 96
Figura 25: Locais de ocorrência e direções de transporte dos conglomerados cretácicos da protobacia do Rio Jequitinhonha 103
Figura 26: Gráficos mostrando a distribuição da granulometria dos depósitos coluvionares e do seu solo de recobrimento nos distritos de Diamantina e Grão Mogol 105
Figura 27: Mapa de isópacas do colúvio diamantífero ao norte de Guinda 106
Figura 28: (A) Perfil topográfico mostrando a queda brusca no gradiente do Rio Jequitinhonha a jusante de Mendanha; (B) Seção ideal, transversal à calha do mesmo rio, na área de lavra da Mineração Rio Novo 111
Figura 29: Exemplo de um aluvião diamantífero do Médio Rio Jequitinhonha, mostrando: (A) isópacas do sedimento, (B) isópacas do cascalho e, (C) relação estéril/cascalho 113
Figura 30: Método de lavra em execução nos aluviões diamantíferos do Médio Rio Jequitinhonha 115
Figura 31: Geologia do Distrito Diamantífero de Grão Mogol 117

Figura 32: Esquema comparativo simplificado entre as colunas estratigráficas das regiões de Grão Mogol, Itacambira e Diamantina 119
Figura 33: O Supergrupo Espinhaço na região de Grão Mogol, mostrando os vetores preferenciais das paleocorrentes medidas nas formações Resplandecente e Grão Mogol 123
Figura 34: Geologia do Distrito Diamantífero da Serra do Cabral 131
Figura 35: Direções de paleocorrentes nos conglomerados cretácicos do Membro Abaeté e nos depósitos fanglomeráticos do Pleistoceno, no Distrito da Serra do Cabral 137
Figura 36: (A) Localização das áreas diamantíferas levantadas no Distrito da Serra do Cabral, (B) incluindo perfil geológico esquemático nos arredores de Jequitaí, e seções detalhadas nos garimpos Boi Morto (C) e Buriti Grande (D), em Francisco Dumont 139
Figura 37: Diagramas ternários mostrando: (A) composição química de granadas da Serra do Espinhaço e da região de Coromandel em termos dos elementos maiores Ca-Mg-Fe^{2+}, e (B) comparações entre os campos das granadas do Espinhaço e Coromandel, com granadas da Mina de Romaria e do Kimberlito Vargem 1..... 178
Figura 38: Mapa geológico da região de Coromandel e pontos de amostragem para minerais pesados nos conglomerados cretácicos 179
Figura 39: Histogramas da distribuição do peso dos diamantes nas áreas de Datas (A) e do Rio Jequitinhonha (B), Distrito de Diamantina 185
Figura 40: Histogramas da distribuição do peso dos diamantes nos distritos de Grão Mogol (C) e da Serra do Cabral (D) 186
Figura 41: Comparação da distribuição no peso dos diamantes nas diversas áreas estudadas da Serra do Espinhaço 188
Figura 42: (A) Principais hábitos do diamante da Serra do Espinhaço e, (B) o processo de evolução morfológica do diamante a partir do octaedro primitivo 194
Figura 43: Comparação entre os principais hábitos do diamante da Serra do Espinhaço 200
Figura 44: Espectros infravermelhos selecionados de diamantes da Serra do Espinhaço..... 216
Figura 45: Comparação entre as freqüências de capas verdes e marrom nos diamantes das diversas áreas estudadas da Serra do Espinhaço 226
Figura 46: Ocorrências de carbonado no Estado de Minas Gerais 239
Figura 47: Comparação das relações verificadas entre diamantes gemas / diamantes

industriais na Serra do Espinhaço 247
Figura 48: Comparação entre as cores de qualidade gemológica nos diamantes da Serra do Espinhaço 249
Figura 49: Comparação entre os graus de pureza nos diamantes da Serra do Espinhaço 249
Figura 50: Modelo esquemático do aporte dos diamantes na bacia do Espinhaço no Pré-Cambriano 265
Figura 51: Modelo esquemático de redistribuição do diamante a partir do Cretáceo Inferior 266

TABELAS

Tabela 1: Evolução dos conhecimentos a respeito das rochas fontes e dispersoras dos diamantes na Serra do Espinhaço em Minas Gerais 11
Tabela 2: Dados analíticos representativos dos filitos hematíticos da região de Diamantina 52
Tabela 3: Principais características dos conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho no Distrito de Diamantina 54
Tabela 4: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa nas lavras da parte sul do Campo de Sopa-Guinda 79
Tabela 5: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa nas lavras da parte norte do Campo de Sopa-Guinda 79
Tabela 6: Granulometria da matriz das rochas brechóides nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada 80
Tabela 7: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa no Campo de Extração ... 80
Tabela 8: Composição química da matriz pelítica dos conglomerados (Campo de Extração) e brechas (Campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada) do Distrito de Diamantina, em comparação com os da Província do Alto Paranaíba (Região de Coromandel) 84
Tabela 9: Relação fenoclasto/matriz do Conglomerado Sopa, verificada nas lavras Lavrinha, Mugongo e Diamante Vermelho (Campo de Sopa-Guinda) 85
Tabela 10: Relação fenoclasto/matriz do Conglomerado Sopa, verificada nas lavras Serrinha e Boa Vista (Campo de Extração) 85
Tabela 11: Diâmetro médio dos fenoclastos do Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração 86
Tabela 12: Dados econômicos a respeito do Conglomerado Sopa nos diversos

campos diamantíferos do Distrito de Diamantina 99
Tabela 13: Granulometria dos depósitos coluviais diamantíferos e do seu solo de recobrimento nas áreas de Sopa-Guinda, São João da Chapada e Extração, Distrito de Diamantina, e dos seus congêneres no Distrito de Grão Mogol 104
Tabela 14: Relação fenoclasto/matriz, classificação e diâmetro médio dos clastos nos conglomerados diamantíferos do Distrito de Grão Mogol 124
Tabela 15: Granulometria da matriz dos conglomerados diamantíferos do Distrito de Grão Mogol 124
Tabela 16: Principais minerais encontrados em kimberlitos e lamproítos 144
Tabela 17: Séries de estabilidade de alguns minerais pesados em função do ataque de agentes químicos 146
Tabela 18: Distância máxima de transporte verificadas em alguns minerais pesados no meio fluvial 147
Tabela 19: Freqüências dos minerais pesados em aluviões diamantíferos da Serra do Espinhaço 153
Tabela 20: Freqüências dos minerais pesados em conglomerados diamantíferos da Serra do Espinhaço 166
Tabela 21: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Rio Jequitinhonha (Lagoa Seca) 170
Tabela 22: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Rio Jequitinhonha (Lavra do Mato) 171
Tabela 23: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Córrego Capão e do Ribeirão do Inferno, Diamantina, e do Rio Itacambiruçu, Grão Mogol 172
Tabela 24: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (Área de Lazer, MG-188) 176
Tabela 25: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (Fazenda Vargem) .. 177
Tabela 26: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (Fazenda Chácara) 178
Tabela 27: Os grandes diamantes reportados para a região da Serra do Espinhaço, em comparação com outros análogos extraídos em diversas zonas diamantíferas de Minas Gerais 189

Tabela 28: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Diamantina (Área do Rio Jequitinhonha) 196
Tabela 29: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Diamantina (Campo de Datas) 196
Tabela 30: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Grão Mogol 197
Tabela 31: Caracterização morfológica do diamante do Distrito da Serra do Cabral 197
Tabela 32: Caraterização morfológica geral do diamante da Serra do Espinhaço 199
Tabela 33: Freqüências das cores dos diamantes da Serra do Espinhaço 207
Tabela 34: Freqüências das cores e intensidades de fluorescência em diamantes da Serra do Espinhaço 208
Tabela 35: Primeira tentativa de classificação do diamante de acordo com suas propriedades físicas 210
Tabela 36: Caracterização do nitrogênio em diamantes do Tipo I 212
Tabela 37: Principais características físicas e tipos espectrográficos dos cristais de diamante amostrados na Serra do Espinhaço 213
Tabela 38: Freqüência dos principais tipos espectrográficos em diamantes da Serra do Espinhaço, baseada no comportamento ao infravermelho 215
Tabela 39: Principais inclusões minerais encontradas em diamantes naturais, segundo o critério de classificação pelas cores 217
Tabela 40: Freqüência da presença de inclusões, não discriminadas, em diamantes da Serra do Espinhaço 221
Tabela 41: Freqüência de diamantes apresentando capas verdes e marrom em diversas áreas da Serra do Espinhaço, e dados comparativos com a região de Coromandel 229
Tabela 42: Principais características dos cristais de diamante inicialmente irradiados com nêutrons e elementos detectados 231
Tabela 43: Características mineralógicas dos cristais de diamante e elementos químicos detectados através do método de ativação neutrônica 233
Tabela 44: Comparação entre a terminologia das principais escalas gemológicas de cores do diamante e a utilizada nesta Tese 244
Tabela 45: Comparação entre a terminologia das principais escalas gemológicas de pureza e a utilizada nesta Tese 245
Tabela 46: Freqüências dos tipos gema, industrial e fundo entre os diamantes da Serra do Espinhaço 246
Tabela 47: Principais características gemológicas quanto a cores e purezas do diamante da Serra do Espinhaço 248

FOTOGRAFIAS

Foto 1: Vista geral de uma área de afloramento do Conglomerado Sopa 55
Foto 2: Aspecto geral do conglomerado diamantífero Sopa, polimítico e com predomínio de clastos sobre a matriz 55
Foto 3: Contato basal discordante do Conglomerado Sopa com quartzitos da Formação Sopa Brumadinho 59
Foto 4: Feição geral dos clastos do conglomerado Sopa, destacando-se a presença de intraclastos de conglomerado 59
Foto 5: Aspecto geral dos conglomerados brechóides diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho, observando-se a predominância de clastos de quartzito arroxeado 60
Foto 6: Contato superior gradacional dos conglomerados brechóides com metapelitos da Formação Sopa Brumadinho 60
Foto 7: O conglomerado diamantífero Sopa no Campo de Extração, observando-se matacões subangulosos de quartzito em sua porção basal 69
Foto 8: O Conglomerado Sopa no Campo de Extração, observando-se sua porção superior, onde clastos arredondados e subarredondados são mais comuns 69
Foto 9: Seqüência cretácica diamantífera que ocorre a leste da Serra do Espinhaço, observando-se a alternância de níveis conglomeráticos com níveis arenosos 107
Foto 10: Depósito coluvionar diamantífero, destacando-se a irregularidade de seu contato basal com metapelitos da Formação Sopa Brumadinho 107
Foto 11: Vista aérea da draga de alcatruzes em operação no Médio Rio Jequitinhonha 115
Foto 12: Quartzito da Formação Resplandecente, observando-se a ocorrência de estratificações cruzadas de alto ângulo e grande porte 121
Foto 13: Contato do conglomerado basal diamantífero da Formação Grão Mogol com os quartzitos da Formação Resplandecente 121
Foto 14: Detalhe do conglomerado diamantífero aflorando no perímetro urbano da cidade de Grão Mogol, observando-se a predominância de clastos de quartzito 129
Foto 15: Lavra semi-mecanizada do aluvião diamantífero do Rio Itacambiruçu com escafandrista 129

Foto 16: Vista geral da porção noroeste da Serra do Cabral, observando-se rochas pelíticas do Supergrupo Espinhaço sendo capeadas por conglomerados diamantíferos pertencentes ao Membro Abaeté da Formação Areado 135
Foto 17: Detalhe do mesmo local, notando-se o Conglomerado Abaeté com clastos de quartzitos do Supergrupo Espinhaço 135
Foto 18: Depósito fanglomerático na borda norte da Serra do Cabral, onde os diamantes são preferencialmente lavrados na região 141
Foto 19: Detalhe do fanglomerado, observando-se clastos de composição distinta e com variados graus de arredondamento em matriz pelítica 141
Foto 20: Minerais pesados encontrados nos aluviões diamantíferos da região de Diamantina: (A) Granadas, (B) Anatásio, (C) Cianita, (D) Crisoberilo 160
Foto 21: Minerais pesados encontrados nos aluviões diamantíferos da região de Diamantina: (A) Euclásio, (B) "Favas", (C) Lazulita, (D) Turmalinas pretas 161
Foto 22: Lotes de diamantes gemológicos da região de Diamantina: (A) Cristal de 16ct, o maior observado no local, (B) Cristais de ± 1ct, (C) Cristais de ± 0,30ct, (D) Cristais classificados como industriais, porém que ainda podem ser considerados como lapidáveis 250
Foto 23: Diamantes de diversas procedências, mostrando que a presença de arestas agudas não possui relação com o transporte sofrido pelo cristal: (A) Cristais da região de Diamantina, mostrando variados graus de "arredondamento"; (B) Cristais do Lamproíto Argyle (Austrália), (C) Cristais perfeitos procedentes do *placer* costeiro da Namíbia (Sudoeste Africano)..... 258

FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografia 1: Diamante de hábito rombododecaédrico (peso=0,38 ct) apresentando nas faces (110) figuras em degraus conhecidas como "marcas de impacto" 205
Fotomicrografias 2-A, 2-B, 2-C, 2-D: Algumas inclusões observadas em diamantes da região da Serra do Espinhaço 220
Fotomicrografias 3-A, 3-B, 3-C, 3-D: Diamantes com capa da região da Serra do Espinhaço 227

MICROGRAFIAS ELETRÔNICAS

Micrografia Eletrônica 1: Cristal de diamante com hábito octaédrico, observando-se o aspecto liso das faces (111) 204

Micrografia Eletrônica 2: Cristal de diamante com hábito cúbico, observando-se figuras de contorno quadrado ou retangular escalonadas nas faces (100) 204

Micrografia Eletrônica 3: Detalhe da micrografia 1, observando-se que as "marcas de impacto" são estruturas em degraus provavelmente formadas pela dissolução natural atuando nas faces (110) 205

Micrografia Eletrônica 4: Diamante policristalino do tipo *ballas*, observando-se o seu aspecto esférico típico 237

Micrografia Eletrônica 5: Detalhe da micrografia anterior, destacando-se o aspecto triangular de certos setores da amostra, os quais provavelmente representam múltiplos cristais octaédricos imbricados 237

Micrografia Eletrônica 6: Diamante policristalino do tipo carbonado, observando-se um grande número de cavidades na superfície 241

Micrografia Eletrônica 7: Detalhe da amostra anterior, notando-se a forma semi-octaédrica dos cristalitos de diamante 241

"Muita pedra se parece com o diamante, mas o diamante não se parece com nenhuma pedra" (*)

(*) Resposta de um garimpeiro a uma estagiária de geologia em Diamantina, após ser indagado a respeito de como reconhecer um diamante, já que vários outros minerais são semelhantes a ele.

RESUMO

A Serra do Espinhaço é conhecida como a região mais clássica em termos de produção de diamantes no Brasil, embora seja atualmente responsável por somente 20 % dessa produção. O Supergrupo Espinhaço, de idade mesoproterozóica, é a seqüência geológica que sustenta a serra, e na qual ocorrem intercalados em sua porção basal conglomerados diamantíferos (o "Conglomerado Sopa", da Formação Sopa Brumadinho) que constituem a virtual fonte espalhadora do mineral na região. Para o conhecimento da geologia e da mineralogia do diamante do Espinhaço, desenvolveram-se estudos nos três principais distritos: Diamantina, Grão Mogol e Serra do Cabral, objetivando o mapeamento geológico em escalas adequadas, os minerais pesados por meio de amostragem dos conglomerados pré-cambrianos e dos aluviões recentes, e ainda a caracterização da mineralogia do próprio diamante através de populações representativas.

No Distrito de Diamantina, o Conglomerado Sopa foi estudado nos quatro campos diamantíferos onde ocorrem: Sopa-Guinda, São João da Chapada, Datas e Extração. Os conglomerados foram depositados em diversos sistemas de leques aluviais, progradantes de oeste para leste, os quais trouxeram os diamantes de uma fonte proxima. A existência de possíveis rochas primárias na região foi testada de duas maneiras. Inicialmente a matriz dos conglomerados foi analisada em vários locais onde se apresentava pelítica, na tentativa de detectar elementos provenientes de fontes ultrabásicas e/ou alcalinas, porém nenhuma evidência se encontrou a este respeito. Estudos complementares foram realizados no sentido de se rastrear minerais pesados indicadores de rochas kimberlíticas nos conglomerados e no sistema aluvionar recente. As granadas foram analisadas com microssonda eletrônica, mas revelaram ser da espécie almandina, portanto sem nenhuma ligação com possíveis fontes primárias.

A geologia proterozóica do Distrito de Grão Mogol foi objeto de estudos específicos devido à carência de dados a respeito, apresentando diversas diferenças em relação ao Distrito de Diamantina. Os conglomerados diamantíferos do Supergrupo Espinhaço foram atribuídos à Formação Grão Mogol, uma seqüência sedimentar de idade ligeiramente mais nova que a Formação Sopa Brumadinho que ocorre na região de Diamantina. Depósitos mais recentes são relacionados ao desmantelamento desses conglomerados. No Distrito da Serra do Cabral, não afloram rochas conglomeráticas atribuíveis ao Supergrupo Espinhaço. Os estudos demonstraram que o diamante desta região é originado de conglomerados cretácicos (Formação Areado) que afloram reliquiarmente nos altos serranos na cota de ±1000 metros. A partir de tais rochas os diamantes foram transportados no Plio-Pleistoceno para depósitos fanglomeráticos que ocorrem bordejando a Serra do Cabral, onde são preferencialmente lavrados.

Os estudos detalhados sobre a mineralogia do diamante do Espinhaço mostraram várias peculiaridades, através da análise estatística de populações de cristais das diversas

localidades enfocadas. Primeiramente deve ser destacada a ausência de cristais com grande quilatagem, sendo raríssimas as pedras de peso supeiror a 10 ct. Outra característica marcante é a presença de cristais com hábito cristalino definido, destacando-se o rombododecaedro (33-38%) e as transições octaedro-rombododecaedro (22-23%), em detrimento aos cristais geminados, irregulares e fragmentos de clivagem. Esses diamantes se destacam pela presença de feições superficiais conhecidas como "marcas de impacto", notadamente nas faces do rombododecaedro (110). Observações detalhadas dessas estruturas, no microscópio eletrônico de varredura, evidenciaram porém sua formação a partir da dissolução natural. Diamantes policristalinos são extremamente raros (<0,5%): *borts* são virtualmente ausentes dos depósitos e *ballas* ocorrem em todas áreas. Carbonados, raríssimos, aparecem somente no Distrito de Grão Mogol.

Os diamantes foram também analisados por espectroscopia de raios infravermelhos e por ativação neutrônica, além de caracterizados gemologicamente. O comportamento dos cristais ao infravermelho mostrou uma proporção anômala de cristais do Tipo Ib (54 %) e uma proporção bastante significante de diamantes do Tipo II (12 %). A análise por ativação com nêutrons revelou que apenas os diamantes de "capa verde" apresentavam certos elementos químicos tais como escândio e Terras Raras. Esses dados evidenciam que a radioatividade natural do meio, geralmente considerada como a causadora das capas verdes, não é a única responsável pela geração desta feição nos diamantes. O conhecimento da qualificação gemológica dos diamantes do Espinhaço, além do aspecto prático referente ao assunto, auxiliou também no que diz respeito da fonte do diamante na região. Nas principais províncias diamantíferas do mundo onde o diamante se relaciona a fontes primárias, o percentual de gemas varia em geral de 5 a 20 %. No Espinhaço esses valores são muito mais expressivos (83-97 %), o que corrobora com um transporte mais longo para esses diamantes, no qual os cristais com defeitos, inclusões grandes e os tipos policristalinos seriam pulverizados.

O conjunto de dados obtidos leva a considerar que os diamantes da Serra do Espinhaço possuem uma origem primária longínqua e que foram reciclados várias vezes até alcançarem o sítio de sedimentação nos conglomerados proterozóicos das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol. A possível área fonte dos diamantes estaria relacionada à região cratônica situada a oeste (Cráton do São Francisco). No processo de transporte, minerais indicadores, cristais de diamantes defeituosos e com inclusões, além dos tipos policristalinos, foram pulverizados. A partir desses conglomerados pré-cambrianos os diamantes foram novamente reciclados para depósitos cretácicos, plio-pleistocênicos e recentes. A conclusão aqui chegada pode ter conseqüências econômicas importantes, na medida em que considera sem utilidade a prospecção de rochas primárias no âmbito da própria Serra do Espinhaço.

ABSTRACT

The Espinhaço mountain range, historically, is known as the classical region for diamond production in Brazil, although today only 20% of Brazil's production comes from this region. The Espinhaço Supergroup, of mesoproterozoic age, comprises the bulk of the Espinhaço Range, and includes in the basal portion diamond-bearing conglomerates ("Sopa Conglomerate" of the Sopa Brumadinho Formation, and the Grão Mogol Formation). The Sopa Conglomerate is the main source from which diamonds were scattered to various Phanerozoic deposits where diamonds are also mined. This thesis presents the geological development and mineralogical characterization of the Diamantina, Grão Mogol, and Serra do Cabral Districts based on geological mapping at several scales, heavy mineral sampling of deposits of all ages, and mineralogical characterization of representative diamond populations.

In the Diamantina District the Sopa Conglomerate was studied at four separate diamond fields: the Sopa-Guinda, São João da Chapada, Datas, and Extração. The conglomerates were deposited in alluvial fan systems prograding eastwards from a source situated nearby. Two studies were carried out to provide information concerning the source area. One study analyzed the conglomerate matrix for evidence of ultrabasic and/or alkaline components that may have come from a primary source. The results were negative. The second study looked for diamond indicator minerals, and none were found. Garnets which were found, and analyzed by electron microprobe, proved to be almandine probably derived from basement rocks.

The geology of Grão Mogol District shows some differences compared with the Diamantina District. Here the diamond-bearing conglomerate of the Espinhaço Supergroup belongs to the Grão Mogol Formation, a sedimentary sequence slightly younger than the Sopa Brumadinho Formation. The diamond deposits of more recent ages derived from the destruction of these rocks. In the Serra do Cabral District no Espinhaço Supergroup conglomerates have been found which could be diamonds sources. This study showed that the diamonds are derived from Cretaceous conglomerates (Areado Formation), which outcrop in relict form at higher elevations, +/- 1000 m, of the district. In this district diamonds are mined in the vicinity of the Cabral mountains from plio-pleistocene fanglomeratic rocks.

Mineralogical studies of diamond populations from the three districts showed several peculiarities. Most diamonds have well defined crystal habits with rombododecahedra (33-38%) and transitional forms (22-23%) predominating. The weights are low, rarely exceeding 10 ct. Twin crystals, irregular forms and cleavages are rare. The diamonds frequently show structures known as "impact marks" normally occurring on the rombododecahedral faces (110). Scanning Electronic Microscopic (SEM) observations did not confirm that these were "impact marks", but suggests that are natural dissolution features or etch marks. Polycrystalline diamonds are extremely

rare (<0,5%); bort are absent and ballas occur in all the deposits. Carbonados are very scarce and were observed only in the Grão Mogol District.

Individual diamonds from all three districts were analyzed by both infrared spectroscopic and neutron activation methods. Infrared spectra showed an abnormal proportion of Type Ib diamonds (54%), and a significant proportion of Type II (12%). Trace elements shown by neutron activation indicated that only diamonds with a green coating incorporated scandium and the rare-earth elements. The cause of the green coating, which is usually attributed to natural radioactivity, can not be the exclusive cause in the diamonds studied. Gemological features of Espinhaço range diamonds are seen to provide a practical tool for determination of their geographic source area. In primary diamond deposits worldwide the proportion of cuttable gems is in the range of 5-20%. In the Brazilian deposits derived from the Espinhaço rocks the proportion of cuttable gems is from 83-97%. This corroborates a history of long transport for these diamonds, during which defective crystals are eliminated.

These new data indicate that Espinhaço diamonds have a remote primary source area. Precambrian secondary deposits were reworked repeatedly until diamonds were deposited in the mesoproterozoic Sopa Brumadinho and Grão Mogol conglomerates. These conglomerates were then the source for Phanerozoic deposits from which diamonds are mined today. The original, or primary, source area for diamonds should be the craton to the west of the Espinhaço range (the São Francisco Craton). During this long history of transport most indicator minerals and poor quality diamonds were destroyed. This thesis has important economic implications for diamond exploration in the Espinhaço region, suggesting that prospecting methods looking for indicator minerals from a primary source is probably futile.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da temática envolvendo a gênese e a distribuição no tempo das jazidas de diamantes brasileiras tem acumulado nos últimos dois séculos um volumoso acervo de pesquisas, sendo que grande parte dos mais eminentes geólogos atuantes no país se detiveram em algum momento de sua obra a este estudo. Nos últimos 30 anos, várias empresas internacionais se dedicaram à procura de rochas matrizes desta preciosa gema em Minas Gerais e, mesmo depois de imensuráveis investimentos, jamais conseguiu-se obter resultados satisfatórios. Estes fatos ilustram bem o interesse e a complexidade do tema, que vem assim desafiando a argúcia dos pesquisadores por longa data.

A partir da obra pioneira *Mémoire sur les diamants du Brésil*, apresentada em 1792 na Sociedade de História Natural de Paris pelo precursor da mineralogia no país, José Bonifácio de Andrada e Silva, ao longo do século 19 a maioria dos naturalistas europeus que visitaram o país descreveram os diamantes de Minas Gerais. São notáveis pelos detalhes fornecidos, as descrições do Barão von Eschwege (1822,1833), além dos trabalhos de Mawe (1812), Spix & Martius (1828) e Saint-Hilaire (1833). No final daquele século, com a fundação da Escola de Minas de Ouro Preto e com a vinda para o Brasil do geólogo norte-americano Orville A. Derby, foi dado um grande impulso ao estudo da mineralogia dos satélites do diamante. No século presente, mais de uma centena de trabalhos trataram do assunto, principalmente enfocando a geologia das regiões diamantíferas.

Em relação ao Estado de Minas Gerais, deve ser inicialmente destacado que ele historicamente constitui o maior produtor de diamantes do Brasil, sendo a maior parte proveniente de sua região centro-norte, objeto do presente estudo. Apenas na última década a produção mineira foi suplantada pela do Estado de Mato Grosso, mesmo assim apenas em termos de volume, pois a média de preço dos diamantes matogrossenses (US$ 90/ct) é bastante inferior à de Minas Gerais (US$ 148/ct), segundo os dados mais recentes (Chaves *et al.* 1993).

Minas Gerais possui duas principais províncias diamantíferas com afinidades geográficas e geológicas bastante características: a do Espinhaço e a do Alto Paranaíba. No âmbito da Província do Espinhaço, localizada na porção centro-norte do Estado, os principais depósitos estão associados à serra de mesmo nome (Distritos de Diamantina e Grão Mogol), além daqueles situados a leste do Rio São Francisco (Distrito da Serra do Cabral). Em termos práticos, assim, podemos considerar a região abrangida no estudo como limitada a leste pelo Rio Jequitinhonha e a oeste pelo Rio São Francisco, a qual apresenta uma produção de diamantes em torno de 200.000 ct/ano, significando cerca de 20 % do total nacional.

Apesar do inegável significado econômico regional das jazidas mencionadas e dos inúmeros estudos efetuados a respeito, deve ser ressaltado que muito pouca atenção tem sido dada à mineralogia do diamante encontrado na Serra do Espinhaço e adjacências. São escassas as descrições detalhadas e nem existem dados estatísticos tratando sistematicamente das principais características dos diamantes, tais como suas percentagens em peso, hábito, cor, figuras de superfície, luminescência, inclusões e qualificação gemológica, entre outras. Além disso, a grande maioria dos estudos geológicos envolvendo a região procurou objetivar a estratigrafia e tectônica, não particularizando a(s) unidade(s) portadora(s) de diamantes.

Desta maneira, este trabalho justifica-se por ser uma tentativa de integrar os estudos mineralógicos sobre o diamante e de seus minerais acompanhantes, com a geologia regional e o detalhamento das unidades diamantíferas. Não se pretendendo resolver em definitivo uma problemática que perdura por vários séculos, acredita-se que o estudo elaborado poderá fornecer novos subsídios para um melhor entendimento da questão, assim como indicar novas propostas de pesquisa que poderão auxiliar no avanço científico sobre a temática.

1.1. LOCALIZAÇÃO

A Serra do Espinhaço, situada no sudeste do Brasil, envolve uma extensa faixa linear de direção aproximadamente norte-sul, que se inicia nas proximidades de Belo Horizonte (Minas Gerais), desenvolve-se bordejando a leste o Craton do São Francisco (regiões de Diamantina, Grão Mogol, etc.) e adentra a zona cratônica no Estado da Bahia até a área da Chapada Diamantina. Na porção meridional do maciço, a oeste, situa-se a Serra do Cabral (Figura 1). O Supergrupo Espinhaço, de idade proterozóica, é a unidade estratigráfica de maior expressão que sustenta a serra. No âmbito desta seqüência intercalam-se numerosas lentes de conglomerados polimíticos, às quais se relacionam os diamantes, que foram posteriormente distribuídos para as unidades mais jovens.

Os estudos foram conduzidos em três áreas selecionadas nos domínios da Serra do Espinhaço em Minas Gerais, onde ainda ocorrem serviços de garimpagem, além de prospecção e lavra por parte de grandes empresas de mineração:

- Diamantina,
- Grão Mogol,
- Jequitaí-Francisco Dumont (Serra do Cabral).

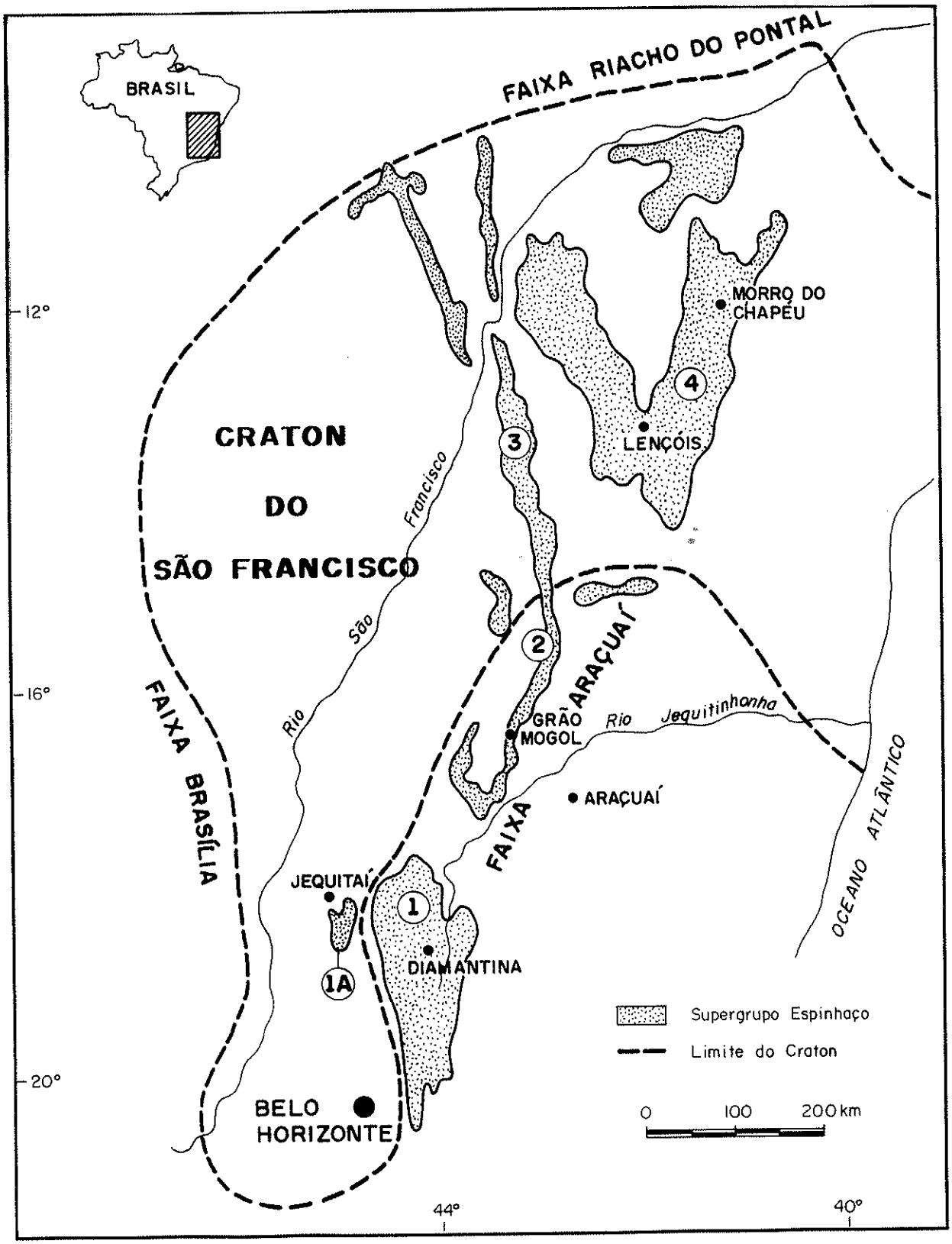


Figura 1: Distribuição geográfica da Serra do Espinhaço (em pontilhado) e da unidade estratigráfica que a sustenta, o Supergrupo Espinhaço, na região centro-oriental brasileira. Principais domínios - (1) Espinhaço Meridional, (1A) Serra do Cabral, (2) Espinhaço Central, (3) Espinhaço Setentrional e, (4) Chapada Diamantina.

Estas três áreas podem ser caracterizadas, pelo seu porte, como distritos diamantíferos. O Distrito de Diamantina é o mais extenso e também considerado o de maior importância econômica. Nesta região com cerca de 5000 km^2, foram individualizados cinco campos diamantíferos, com afinidades geográficas e geológicas particulares: Sopa-Guinda, São João da Chapada, Datas, Extração e Rio Jequitinhonha, nas quais estudos detalhados foram desenvolvidos. Determinadas áreas dos distritos de Grão Mogol e da Serra do Cabral, onde ocorrem serviços de garimpagem, foram também objeto de estudos detalhados. Além das áreas anteriormente citadas, algumas amostragens envolvendo minerais pesados e certas características do diamante, foram efetuadas na região de Coromandel, fora do domínio da Serra do Espinhaço. A inclusão desta região, pertencente à Província Diamantífera do Alto Paranaíba, teve assim como finalidade apenas certas comparações com a Província do Espinhaço (Figura 2).

1.2. HISTÓRICO SOBRE O DIAMANTE DO ESPINHAÇO

O conhecimento geológico da região da Serra do Espinhaço e adjacências, em Minas Gerais, tem acumulado um invejável acervo bibliográfico historicamente relacionado à presença conspícua de diamantes em associação a vários horizontes estratigráficos distintos. A grande maioria dos trabalhos de cunho geológico envolvendo a região realizados até o final do século passado, enfocava os diamantes ou seus minerais satélites como tema principal. Apenas a partir das pesquisas de Henry Gorceix e, principalmente, de Orville A. Derby, procurou-se relacionar a geologia com os muitos depósitos diamantíferos já então conhecidos. Desde então, centenas de trabalhos envolveram a geologia da região, de alguma forma incluindo também seus depósitos diamantíferos. Por isso, optou-se aqui por uma divisão acerca desse conhecimento em três tempos: histórico, moderno e recente.

1.2.1. As viagens épicas

Oficialmente, diamantes foram descobertos no Brasil próximo de Diamantina em 1729, muito embora se saiba que desde cerca de 15 anos antes estas pedras vinham sendo lavradas na região, chegando na Europa como provenientes da Índia. A proibição da lavra ocorrida durante a década de 1730 fez com que os primeiros garimpeiros buscassem novos depósitos, logo encontrando os diamantes do Rio Abaeté, a oeste do São Francisco.

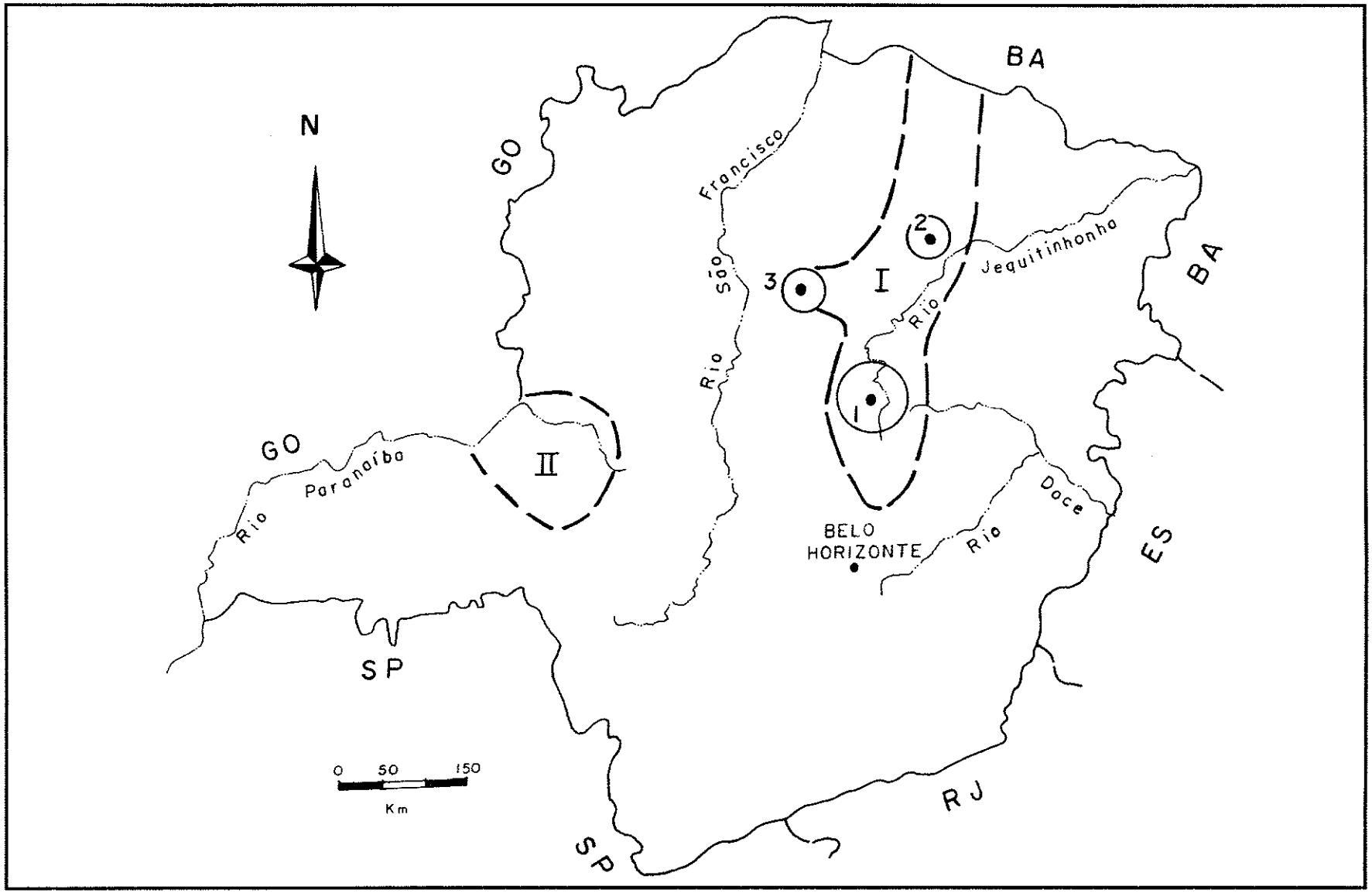


Figura 2: Principais províncias diamantíferas de Minas Gerais indicando as áreas da Serra do Espinhaço onde foram conduzidos os estudos sobre o diamante. I - Província do Espinhaço, II - Província do Alto Paranaíba. 1 - Diamantina, 2 - Grão Mogol, 3 - Serra do Cabral.

A primeira referência que se tem notícia a respeito da descoberta de diamantes no país é devida ao precursor da mineralogia no Brasil, José Bonifácio de Andrada e Silva. Ele publicou no final do século XVIII em Paris, sua *Memória sobre os diamantes do Brasil* (Andrada e Silva 1792), onde descreveu as lavras e o modo de ocorrência deste mineral em várias localidades, destacando-se os rios "Geguitignona" (Jequitinhonha) e "Toucanbirnem" (Itacambira ou Itacambirussu), ambos incluídos na área do presente estudo. Este pesquisador antecipou-se assim em mais de dez anos aos naturalistas europeus que visitaram o país no início do século XIX.

O primeiro deles foi o geólogo e comerciante inglês John Mawe, que além de descrever as áreas diamantíferas, provavelmente reconheceu as rochas do tipo Conglomerado Sopa, ao mencionar a existência na região de Diamantina de "xistos micáceos com massas grosseiras de grés e seixos de quartzo, formando uma espécie de *pudding* pouco compacto e friável" (Mawe 1812), apesar de não relacioná-los com os diamantes da região.

Chamado ao Brasil em 1810 por Dom João VI, o Barão von Eschwege chegou da Alemanha com a missão de reorganizar as minas de ouro em decadência. Suas publicações na área de geologia econômica (incluindo o diamante) são pioneiras, destacando-se o "Quadro geognóstico do Brasil e a provável rocha matriz do diamante" (Eschwege 1822) e o famoso *Pluto Brasiliensis* (Eschwege 1833).

Spix & Martius (1828), príncipes e naturalistas prussianos, subiram ao Pico do Itambé, ponto culminante da Serra do Espinhaço (2002 m) formado por rochas do Supergrupo Espinhaço, mostrando com detalhes a geologia deste local: "... compõe-se inteiramente de xisto quartzítico, branco acinzentado, em geral de granulação fina que, nas alturas, contem localmente grandes quantidades de fragmentos de quartzo arredondados, à maneira de brechas... É surpreendente o fato de nele haverem achado diamantes, em considerável altura". Esses autores reportaram ainda a descoberta de diamantes na Serra de Grão Mogol, em 1789.

Helmreichen (1846) visitando a região de Grão Mogol, descreveu a "Pedra Rica", onde naquela época já se lavravam diamantes, a qual posteriormente foi considerada uma rocha conglomerática (Moraes & Guimarães 1930). Os conglomerados diamantíferos foram descobertos em Grão Mogol, portanto, muitos anos antes deles serem conhecidos nas proximidades de Diamantina. Esta é a primeira referência a nível mundial de ocorrência diamantífera em rocha; os outros reportes sempre se relacionaram a aluviões recentes.

Não se sabe ao certo quando o Conglomerado Sopa começou a ser lavrado na região de Diamantina. Burton (1869), viajante e escritor inglês, tradutor das *Mil e uma* noites, descreveu o "itacolomito branco e vermelho, granular e quartzoso..." como a rocha fonte do diamante e, buscando comprovar a hipótese: "todas as lavras que não ficam perto

dos rios estão na base de alguma massa de pedra". Nas lavras de São João da Chapada, descritas com minúcias, os diamantes foram encontrados na matriz argilosa de uma brecha e/ou conglomerado com clastos de quartzito. Em seu relato, estas lavras vinham sendo operadas "há uns dez anos"; provavelmente então os primeiros conglomerados diamantíferos foram reconhecidos por volta de 1859 em Diamantina.

No final do século, destacaram-se os estudos pioneiros de Henry Gorceix e Orville Derby. Gorceix (1880) atribuiu aos "filões de quartzo" a rocha matriz do diamante, notando que os mesmos satélites que ocorrem nos aluviões são comumente notados nos veios. Em seguida, Gorceix (1881) sugeriu que os diamantes eram provenientes dos quartzitos do Espinhaço, atribuindo aos depósitos conglomeráticos uma origem aluvionar, possivelmente de idade terciária.

Derby (1878) descreveu com detalhes a região do Rio São Francisco. Sobre Jequitaí, ele faz o primeiro relato a respeito de diamantes, dizendo aí ocorrer um "conglomerado contendo seixos rolados de todos os tamanhos até o da cabeça de um homem. Os seixos compõem-se de gnaisse, quartzo, xisto, jaspe, itabirito, calcário, etc... A decomposição do conglomerado fornece um cascalho grosseiro em que se encontram diamantes em certa abundância, sendo de supor que estes também procedam da rocha, que é apenas um cascalho antigo consolidado".

Posteriormente, Derby (1882, entre outros trabalhos) considerou a existência de suas séries geológicas na Serra do Espinhaço: a inferior formada por "hidromicaxistos e quartzitos granulares" (Série Minas), e a superior constituída de quartzitos conglomeráticos, diamantíferos (Série Lavras), conforme observado nos arredores de Diamantina. Assim, o diamante seria detrítico na Série Lavras, e a matriz primária estaria em veios de uma "eruptiva ácida alterada" que corta a série inferior. Esta concepção "ácida" de Derby, depois por ele próprio abandonada (Derby 1911), foi abraçada nos estudos de D. Guimarães e L.J. de Moraes.

1.2.2. Trabalhos pioneiros

Expedições norte-americanas no início deste século (por exemplo, Harder & Chamberlin 1915, Branner 1919) levantaram grandes extensões da geologia de Minas Gerais, considerando as jazidas de diamantes dos platôs altos (conglomerados de Diamantina) como depósitos de antigos rios, de pouca espessura que escavaram os xistos e quartzitos ainda mais antigos.

De outra maneira, Brouwer (1920) em estudo muito pouco conhecido, depois de visitar os campos de Sopa e Curralinho (atual Extração), pela primeira vez mostrou que os

conglomerados de Diamantina não são depósitos superficiais, mas que estão intercalados dentro da série de quartzitos regionais. Esta hipótese foi desconsiderada por longo tempo, sendo retomada a partir dos estudos de R. Pflug na década de 60.

A visita de geólogos que trabalhavam na África do Sul trouxe uma nova interpretação a respeito do Conglomerado Sopa. Draper (1920,1923), inicialmente, e depois Du Toit (1927) consideraram esta rocha na Lavra Boa Vista (Extração) como uma brecha magmática intrusiva, comparável aos pipes kimberlíticos africanos. Os principais argumentos a favor desta hipótese eram o "cimento verde", julgado ser de olivina alterada, e a grande diferença de altitude entre os vários campos diamantíferos, contrária a uma origem aluvionar. Guimarães (1927,1934) comprovou quimicamente que o cimento era constituído apenas de quartzo e sericita. Quanto ao problema da altitude, este não chega a ser contra ou favor de qualquer argumento, já que toda a seqüência encontra-se dobrada.

Thompson (1928) procurou associar as duas hipóteses então conhecidas: o Conglomerado Sopa estaria na base (ou próximo), da seqüência denominada "Quartzito Caraça" por Harder & Chamberlin (1915), sendo interpretado como um depósito aluvial antigo, possivelmente de idade "algonkiana", em Sopa, Guinda e Datas. Em São João da Chapada e Boa Vista, as rochas diamantíferas seriam "brechas intrusivas" semelhantes às da África do Sul, e como estas foram consideradas mesozóicas.

Descrições minuciosas dos depósitos diamantíferos são mostradas nos estudos clássicos de Luciano Jacques de Moraes e de Djalma Guimarães - como Moraes (1927), Moraes & Guimarães (1930), Moraes (1934), Guimarães (1934) e Moraes *et al.* (1937), citando só os principais. Estes depósitos, atribuídos ao Pré-Cambriano Superior, foram designados de "Série Lavras", glaciogênica, composta das formações Sopa e Macaúbas. A correlação Sopa/Macaúbas, não constatada no campo, deveu-se à suposição da Formação Sopa ser de origem flúvio-glacial, enquanto a Formação Macaúbas incluiria depósitos diretamente depositados por geleiras. As rochas matrizes dos diamantes seriam "intrusões ácidas" nas séries Minas e Itacolomi, transformadas em filitos.

Barbosa (1951) aceitou a gênese flúvio-glacial dos conglomerados, mas as "rochas fontes" filitizadas foram consideradas equivalentes a rochas intermediárias como traquitos. Kerr *et al.* (1941), no entanto, contestaram sua origem glacial, pois "os *boulders* em conjunto são demasiado arredondados para se considerar tilitos, não obstante existirem *boulders* não arredondados". Da mesma forma, contra-argüíram também a hipótese das brechas serem intrusivas em Boa Vista, São João da Chapada e Campo Sampaio: "parece muito difícil formar-se uma brecha com *boulders* tão largamente espaçados e com tanta argila entre eles..." Intrusões ácidas, em camadas grafitosas da Série Minas, foram novamente consideradas as fontes primárias.

1.2.3. Estudos recentes

Os estudos realizados a partir da década de 60, sob a coordenação do Prof. R. Pflug, da Universidade de Freiburg (RFA), levaram ao mapeamento de grande parte da Serra do Espinhaço Meridional, em várias escalas. Pflug (1965a,b) reconheceu três tipos de rochas conglomeráticas na cordilheira: (1) conglomerados monomíticos de matriz arenosa, esporadicamente com diamantes, (2) conglomerados polimíticos de matriz arenosa ou argilosa, normalmente com diamantes (Conglomerado Sopa, *senso strictu)* e, (3) brechas de quartzito com matriz argilosa, esporadicamente diamantíferas. Suas mais importantes conclusões foram:

a) os metaconglomerados e metabrechas diamantíferas (Formação Sopa), na realidade intercalam-se estratigraficamente à seqüência quartzítica da serra, redesignada de Formação Sopa Brumadinho;

b) os vetores das paleocorrentes definiram um aporte de suprimento sedimentar de oeste para leste, admitindo-se então a existência de uma área fonte cratonizada a oeste;

c) como a área cratônica funcionou continuamente como supridora de sedimentos para a bacia do Espinhaço, neste local deveriam existir rochas de natureza básica-ultrabásica, matrizes dos diamantes da Formação Sopa Brumadinho;

d) no Proterozóico Superior, a região cratônica foi abatida e recebeu a cobertura sedimentar representada principalmente pelo Grupo Bambuí, não permitindo assim o registro atual da rocha fonte do diamante.

Ainda segundo Pflug (1965), a sedimentação do Supergrupo Espinhaço, se efetuou em uma plataforma continental de águas rasas à frente do cráton. A introdução dos diamantes nessa região foi explicada por movimentos positivos na crosta, assim como pela migração da linha costeira para leste, pois na "cordilheira" rochas diageneticamente consolidadas chegaram ao alcance da erosão (explicando os clastos de quartzito, filito e conglomerado, abundantes no Conglomerado Sopa). Intrusões básicas-ultrabásicas na área continental, acompanhando a epirogênese, foram postuladas como fontes para os diamantes. Desta maneira "os diamantes terão sido trazidos dos rios vindos do oeste e distribuídos na costa da mesma maneira como os cascalhos diamantíferos costeiros da África do Sul e Namíbia". A gênese das brechas foi considerada problemática, mas foram interpretadas como sedimentos, concordando com Kerr *et al.* (1941) que observaram as brechas seguindo em continuidade estratigráfica sobre os conglomerados. Pflug (1965), supôs que as brechas se formaram em correntes de lama, do tipo fanglomerático, migradas da terra firme para a zona costeira.

Aos estudos do Prof. Pflug seguiram-se vários outros na mesma linha. Schöll & Fogaça (1979) e Schöll & Turinsky (1980) trataram do Conglomerado Sopa, considerando-o intraformacional e originado em "águas bastante rasas e de energia elevada (intratidal)". Justificaram a presença de grandes clastos neste ambiente pela possível ocorrência de amplitudes de marés mais elevadas no Pré-Cambriano. A Formação Sopa Brumadinho como um todo teria se depositado em um período regressivo durante o qual partes da região temporariamente emersas permitiram uma sedimentação descontínua, indicada pela repetida ocorrência de conglomerados "costeiros" em um mesmo perfil. Interessante observar a constatação de Schöll & Turinsky (1980), de que a mineralogia dos pesados nos conglomerados é bastante diferente daquela dos quartzitos encaixantes, podendo indicar áreas-fontes distintas.

Os conglomerados da área de Extração mereceram estudo detalhado de Alvarenga (1982), que ressaltou suas características sedimentológicas denotando uma deposição rápida em condições de alta energia, isto é, próxima a um paleorelevo acentuado. Outros trabalhos, desenvolvidos por Almeida-Abreu & Munhóz (1983) e Almeida-Abreu (1984) interpretaram os conglomerados como depósitos de deltas a partir de pequenos rios, para explicar os clastos intraformacionais. O soerguimento da área continental e a sedimentação rápida e localizada, teriam assim permitido uma deposição deltáica progradante por quase 12 km na área de Sopa-Guinda, sugerindo ainda uma fonte kimberlítica próxima.

Almeida-Abreu *et al.* (1987) ampliaram suas idéias a respeito das rochas conglomeráticas da região de Diamantina, considerando em Sopa, Guinda, e "provavelmente" também em Datas, uma sedimentação em *fan deltas*. Além disso, devido à presença na região de Ouro Fino (borda leste da Serra do Espinhaço) de corpos com mais de 100 m de espessura e 2 km de comprimento, sugeriram também "ambientes em planícies costeiras dominadas por canais anastomosados".

A seqüência superior da Formação Sopa Brumadinho, reconhecida desde Kerr *et al.* (1941) e alvo de detalhes por Pflug (1965b) e Schöll & Fogaça (1979), foi caracterizada formalmente por Fogaça & Almeida-Abreu (1982), Foi assim designado o "Membro Campo Sampaio" como um depósito intermaré transgressivo sobre o continente. A origem problemática de metabrechas diamantíferas nesta unidade foi relacionada "a pequenos movimentos epirogenéticos motivando uma regressão marinha sutil, mas suficiente para expor áreas continentais a novos ciclos erosivos que resultaram mais uma vez na erosão das rochas fontes primárias do diamante, pois as brechas também são mineralizadas".

Nos estudos recentes, a hipótese do Conglomerado Sopa representar depósitos de ambiência continental foi retomada por Dossin & Dardenne (1984), ao

explicitarem que os conglomerados da região de Diamantina "caracterizam uma sedimentação de leques aluviais em borda de bacia".

Em junho de 1986, durante o curso "Sistemas Deposicionais - Aplicação da Técnica de Modelagem Faciológica no Pré-Cambriano", ministrado em Diamantina pelos professores Drs. Joel Carneiro de Castro e Fernando F. Alkmin, chegou-se a importantes conclusões em relação aos ambientes de sedimentação do Supergrupo Espinhaço. Os conglomerados foram reconhecidos em Sopa e Guinda como depósitos de leques aluviais costeiros, e seus quartzitos encaixantes como fluviais. Esta posição foi publicada com maiores detalhes por participantes do referido curso (Garcia & Uhlein 1987): "um contexto mais continental, configurado pelo avanço de um sistema fluvial de rios entrelaçados (*braided*) associados a leques aluviais, relativamente próximos da costa em determinados locais, define a porção média da Formação Sopa-Brumadinho".

Tabela 1: Evolução dos conhecimentos a respeito das rochas fontes e dispersoras dos diamantes na Serra do Espinhaço em Minas Gerais.

REF. BIBLIOGRÁFICA	ROCHAS DIAMANTÍFERAS	
	Rochas dispersoras conglomeráticas	Fontes primárias possíveis
Eschwege (1833)	-	Xistos e itabiritos
Gorceix (1881)	-	Veio magmático ácido
Derby (1879, 1881)	Conglomerado fluvial	Veio magmático ácido
Derby (1891)	-	Rocha ultrabásica
Draper (1920)	-	Conglomerado *in situ*, considerado kimberlito
Moraes & Guimarães (1930)	Conglomerado flúvio-glacial	Intrusiva ácida
Barbosa (1951)	Conglomerado flúvio-glacial	Intrusiva intermediária (traquito)
Pflug (1965)	Conglomerado marinho	Intrusiva básica-ultrabásica
Svisero (1978)	-	Kimberlitos
Correns (1932), Garcia & Uhlein (1987)	Conglomerado continental	-

Desde então, todos os trabalhos, além de diversas Teses, têm considerado uma origem continental em leques aluviais para os conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho na região de Diamantina. Com esta concepção, devem ser destacados os trabalhos de Chaves (1987), Martins Neto *et al.* (1988), Martins Neto (1989,1993), Uhlein (1991), Almeida-Abreu (1993), Chaves & Svisero (1993), Karfunkel *et al.* (1994), entre muitos outros.

1.3. OBJETIVOS DA TESE

Desde 1984, estudos abrangendo os conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho vêm sendo desenvolvidos pelo autor da presente Tese, juntamente com colaboradores, seja em seus aspectos estratigráficos (Chaves 1987, Chaves *et al.* 1988, Dossin *et al.* 1985,1990), seja em seus aspectos mineralógicos ou de geologia econômica (Chaves *et al.* 1985; Chaves 1988, Chaves & Uhlein 1991, Chaves & Svisero 1993, Chaves *et al.* 1993,1994,1996,1997).

Apesar dos principais aspectos quanto a gênese do "Conglomerado Sopa" estarem razoavelmente bem entendidos na região de Diamantina, certas questões não foram resolvidas ocasionando ainda intensa controvérsia na literatura geológica especifica. A principal delas diz respeito à rocha matriz do diamante no Espinhaço, que até o presente momento permanece desconhecida. Neste sentido, as áreas de estudo que foram pouco abrangidas referem-se à mineralogia do diamante e também de outros pesados presentes na matriz dos conglomerados. Alguns desses minerais talvez fossem tão raros quanto o próprio diamante, e por isso ainda não tinham sido identificados.

A principal proposta desta Tese é a integração dos dados de natureza geológica e mineralógica que dizem respeito, especificamente, ao diamante da Serra do Espinhaço. Levando-se em consideração que os depósitos diamantíferos estão associados a rochas sedimentares antigas e recentes, em áreas chaves selecionadas (conforme item 1.1), o estudo teve entre seus objetivos:

(A) De ordem geológica geral:

1- mapeamento geológico e/ou integração de dados nos principais distritos ou campos diamantíferos, em consonância com os mais recentes estudos sobre a estratigrafia e tectônica regionais;

2- mapeamento geológico de detalhe em áreas selecionadas, visando os conglomerados diamantíferos nas regiões de Diamantina e Grão Mogol, e ainda os principais depósitos mineralizados da área da Serra do Cabral;

3- caracterização sedimentológica, análise de fácies sedimentares e medições de paleocorrentes, nas seqüências diamantíferas pré-cambrianas e nos seus produtos de retrabalhamento de idades mais jovens;

4- reconstituição do arcabouço paleogeográfico de cada distrito, responsável pelo condicionamento da mineralização nestas áreas;

5- comparação da estratigrafia das seqüências diamantíferas nos vários distritos da Serra do Espinhaço em suas porções meridional e central;

6- proposição quanto às fontes primárias que alimentaram os depósitos diamantíferos em questão.

(B) De ordem da mineralogia dos pesados:

1- estudo da mineralogia da matriz dos conglomerados précambrianos nos dois distritos em que estas rochas ocorrem em associação com o diamante - Diamantina e Grão Mogol. No Distrito de Diamantina, o estudo envolveu também a matriz dos clastos de conglomerado dentro do Conglomerado Sopa;

2- estudo da mineralogia dos cascalhos aluvionares recentes, derivados das principais zonas diamantíferas, nos distritos enfocados;

3- determinação por métodos ópticos e por difratometria de raios X dos diversos minerais, visando o possível reconhecimento de fases minerais diretamente relacionadas com as fontes primárias do diamante, em particular objetivando a identificação de minerais do grupo das granadas;

4- em relação a esses últimos minerais, determinações composicionais quantitativas, visando a possível identificação de granadas do tipo piropo.

(C) De ordem da mineralogia do diamante:

1- classificação de campo das principais características físicas do diamante da Serra do Espinhaço, através de fichas confeccionadas para este fim, tendo como base estudos previamente efetuados em outras localdades do Brasil e do exterior (por exemplo, Chieregati 1989, Leite 1969, Harris *et al.* 1975,1979, Svisero 1971, Svisero & Haralyi 1985);

2- estudos por métodos ópticos de espécimes selecionados, visando a determinação de estruturas de superfície dos diamantes e de inclusões minerais presentes, incluindo fotografias no microscópio óptico e no microscópio eletrônico de varredura;

3- também a partir de espécimes selecionados, estudo do comportamento de certas propriedades químicas do diamante, tais como luminescência, espectrografia de raios infravermelhos e elementos químicos "anômalos" determinados em análises por irradiação com nêutrons;

4- caracterização gemológica do diamante, a partir de classificações comparativas com as principais escalas de cor e de pureza existentes no meio comercial;

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Os estudos realizados no âmbito desta Tese de Doutoramento incluíram inicialmente os trabalhos de campo, envolvendo o mapeamento geológico em diversas escalas, o estudo de lotes de diamantes, a amostragem de minerais pesados e a prospecção das espécies radioativas por meio da cintilometria aplicada aos horizontes conglomeráticos. Os trabalhos de laboratório envolveram a preparação das amostras e o seu estudo através de métodos laboratoriais específicos, tais como: microscopia óptica, difratometria de raios X, fluorescência de raios X, microssonda eletrônica, microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia de absorção no infravermelho e análises por ativação neutrônica. Os quatro primeiros foram aplicados aos minerais pesados acompanhantes do diamante, enquanto os três últimos foram utilizados para caracterizar o comportamento mineralógico do próprio diamante.

2.1. TRABALHOS DE CAMPO

2.1.1. Cartografia e coleta de dados sedimentológicos

Durante os anos de 1993 e 1994 foram realizadas várias expedições de campo visando a integração de dados e mapeamento geológico, além de coleta de material para estudos posteriores em laboratório, nos três distritos diamantíferos enfocados: Diamantina, Grão Mogol e Serra do Cabral. Na região de Diamantina, os principais campos diamantíferos (Sopa-Guinda, São João da Chapada, Datas e Extração) foram assim levantados na escala de 1:25.000, visando principalmente o comportamento espacial da Formação Sopa Brumadinho. Em relação à região de Grão Mogol, a qual não apresentava uma cartografia geológica adequada, efetuou-se um mapeamento na escala de 1:50.000 que abrangeu as principais áreas mineralizadas. Na zona diamantífera da parte norte da Serra do Cabral, onde já existiam diversos trabalhos de mapeamento, foram realizados perfis de detalhe buscando a definição do controle estratigáfico da mineralização nessa região.

Objetivando o entendimento da paleogeografia regional, considerou-se necessário a confecção de perfis detalhados e mapas paleogeográficos, sendo efetuadas múltiplas medidas de paleocorrentes, em áreas selecionadas dos campos diamantíferos acima relacionados, com base em critérios de importância da presença de diamantes. O autor do presente trabalho foi durante sete anos professor de geologia de campo no Centro de

Geologia Eschwege, situado na cidade de Diamantina, e por isso tinha conhecimento prévio das áreas de maior importância. Desta maneira, os trabalhos de campo com as sucessivas turmas de geologia por nós orientados, foi de fundamental importância para a condução do presente estudo.

A coleta de informações sobre as características sedimentológicas dos conglomerados diamantíferos foi efetuada conjuntamente aos trabalhos de mapeamento. Visando o entendimento e comparações entre estas rochas, foram determinados em vários locais os seguintes parâmetros:

a) espessura dos corpos (máxima/média/mínima),

b) relação clasto/matriz,

c) granulometria da matriz,

d) distribuição dos clastos (%) em seixos, blocos e matacões,

e) classificação (%) dos clastos,

f) distribuição (%) dos clastos quanto ao tamanho,

g) arredondamento/esfericidade dos clastos,

h) arredondamento em função do tipo do clasto.

Os dados obtidos a respeito da sedimentologia e da paleogeografia das rochas diamantíferas estudadas, foram tratados por informática nos laboratórios do Museu de História Natural da UFMG e do IG/USP.

2.1.2. Sistemática de estudo do diamante

Nas áreas de Datas (Distrito de Diamantina), Grão Mogol e Jequitaí, foram examinados com lupa gemológica *triplet* de 10 aumentos, lotes de diamantes em posse de comerciantes e garimpeiros locais, tendo por fim obter dados estatísticos que permitissem definir o perfil desse mineral ao longo da Serra do Espinhaço. Esses dados, coletados em uma tabela organizada para esse fim (Figura 3), foram posteriormente tratados por informática visando comparações entre as áreas citadas e outras que possuem dados semelhantes, sejam no Brasil, sejam no exterior. A sistemática utilizada foi a proposta por Harris *et al.* (1975,1979) para os diamantes da África do Sul. Amostras consideradas interessantes foram adquiridas para estudos posteriores mais detalhados, tais como de absorção no infravermelho, inclusões, "capas" verdes, figuras superficiais de dissolução e possíveis "marcas de impacto", além da obtenção de fotografias.

Nº_____ Peso _____ct

REGIÃO
- ☐ Rio Jequitinhonha
- ☐ Datas
- ☐ Grão Mogol
- ☐ Jequitaí
- ☐ Outra _____

HÁBITO
- ☐ Cubo
- ☐ Cubo piramidado
- ☐ Octaedro
- ☐ Rombododecaedro
- ☐ Octa-dodecaedro
- ☐ Trioctaedro
- ☐ Hexaoctaedro
- ☐ Combinações
- ☐ Geminado
- ☐ Fragmento de clivagem
- ☐ Irregular
- ☐ Agregado cristalino
- ☐ Agregado policristalino (*bort*)
- ☐ *Ballas*
- ☐ Carbonado

COR
- ☐ Incolor
- ☐ Incolor amarelado
- ☐ Marrom claro
- ☐ Marrom escuro
- ☐ Branco
- ☐ Cinza
- ☐ Preto
- ☐ Colorido _____

CAPA
- ☐ Ausente
- ☐ Verde transparente
- ☐ Verde densa
- ☐ Marrom/amarela
- ☐ Azul
- ☐ Outra _____

INCLUSÃO
- ☐ Ausente
- ☐ Pequena
- ☐ Grande

Tipo _____

FIGURA DE DISSOLUÇÃO
- ☐ Ausente
- ☐ Presente

FLUORESCÊNCIA
- ☐ Ausente
- ☐ Fraca
- ☐ Média
- ☐ Forte

Cor _____

QUALIFIC. GEMOLÓGICA
- ☐ Lapidável
- ☐ Industrial
- ☐ Fundo

Cor _____

Pureza _____

OBSERVAÇÕES

_____
_____
_____
_____
_____

Nº_____ Peso _____ct

REGIÃO
- ☐ Rio Jequitinhona
- ☐ Datas
- ☐ Grão Mogol
- ☐ Jequitaí
- ☐ Outra _____

HÁBITO
- ☐ Cubo
- ☐ Cubo piramidado
- ☐ Octaedro
- ☐ Rombododecaedro
- ☐ Octa-dodecaedro
- ☐ Trioctaedro
- ☐ Hexaoctaedro
- ☐ Combinações
- ☐ Geminado
- ☐ Fragmento de clivagem
- ☐ Irregular
- ☐ Agregado cristalino
- ☐ Agregado policristalino (*bort*)
- ☐ *Ballas*
- ☐ Carbonado

COR
- ☐ Incolor
- ☐ Incolor amarelado
- ☐ Marrom claro
- ☐ Marrom escuro
- ☐ Branco
- ☐ Cinza
- ☐ Preto
- ☐ Colorido_____

CAPA
- ☐ Ausente
- ☐ Verde transparente
- ☐ Verde densa
- ☐ Marrom/amarela
- ☐ Azul
- ☐ Outra _____

INCLUSÃO
- ☐ Ausente
- ☐ Pequena
- ☐ Grande

Tipo _____

FIGURA DE DISSOLUÇÃO
- ☐ Ausente
- ☐ Presente

FLUORESCÊNCIA
- ☐ Ausente
- ☐ Fraca
- ☐ Média
- ☐ Forte

Cor _____

QUALIFIC. GEMOLÓGICA
- ☐ Lapidável
- ☐ Industrial
- ☐ Fundo

Cor _____

Pureza _____

OBSERVAÇÕES

_____
_____
_____
_____
_____

Figura 3: Fichas utilizadas para o cadastro de diamantes amostrados na Serra do Espinhaço.

2.1.3. Amostragem de minerais pesados

A amostragem de minerais pesados foi realizada visando as principais fontes secundárias do diamante na região da Serra do Espinhaço: a matriz das rochas conglomeráticas pré-cambrianas e os cascalhos diamantíferos aluvionares, de idade recente. Foram empregados métodos diferentes de amostragem para os dois tipos de depósitos.

No Distrito de Diamantina, as rochas conglomeráticas que ocorrem na área entre São João da Chapada, ao norte, e Datas, ao sul (Figura 4), foram escolhidas para amostragem, devido à ocorrência das fácies proximais e medianas de vários sistemas de leques aluviais (Garcia & Uhlein 1987, Chaves & Svisero 1993, Almeida-Abreu 1993, entre outros). Em termos sedimentológicos, essas fácies são consideradas as mais ricas em minerais pesados, incluindo os diamantes. Em outras áreas onde o Conglomerado Sopa aflora, como na faixa Serro-Ouro Fino-Conceição do Mato Dentro, na borda leste da Serra do Espinhaço, estão presentes as fácies distais de sistemas fluviais entrelaçados (*braided*) e depósitos possivelmente deltáicos (Almeida-Abreu *et al.* 1987, Almeida-Abreu 1993), ainda pouco conhecidos quanto ao seu potencial diamantífero.

Deve ser ressaltada a dificuldade de obter-se um parâmetro seguro para a determinação do volume de material considerado satisfatório para a amostragem. Tendo em vista que na maioria das localidades onde aflora, o Conglomerado Sopa possui uma geometria lenticular, uma amostragem em canal foi considerada a mais satisfatória. A seção de um determinado canal deve representar os parâmetros de espessura dos corpos e a regularidade da mineralização. As dimensões recomendadas, levando-se em consideração condições irregulares de mineralização, são: 8 x 3 cm, cortando o nível da base até o topo (Kreiter 1968). O mesmo autor ressaltou, porém, que dependendo do tipo de mineralização, as seções podem ser ainda maiores.

Como a distribuição dos minerais pesados era desconhecida, sendo provavelmente muito irregular pelas próprias características dos depósitos, a seção utilizada foi ampliada para 10 x 5 cm. Assumindo assim uma espessura média de 5 m para os corpos conglomeráticos, com uma densidade de $\cong$2,0 g/cm^3, foram recolhidos por ponto amostrado cerca de 500 kg de material. Como este é composto em geral por clastos (60%) + matriz (40%), os primeiros sendo descartados nos próprios locais de coleta, calcula-se que foram amostrados cerca de 200 kg por ponto.

Ainda na tentativa de contornar o problema, dois outros caminhos foram propostos, de acordo com a sugestão do Prof. Darcy P. Svisero (1995, comunicação verbal):

a) coleta, em um local da própria região, de um volume bem maior de material, tendo em vista que as fases pretendidas (minerais indicadores do diamante), se presentes, possuem um alto fator de diluição. Com esse intuito nos campos de Datas e de Extração foram selecionadas certas lavras em atividade (Datas de Cima e Serrinha, respectivamente), onde coletou-se a fração menor que 1 mm, desprezada no processo de mineração, referente ao tratamento de cerca de 5000 kg de material diamantífero (clastos + matriz);

b) na região de Coromandel, onde se conhecem minerais indicadores típicos e conglomerados diamantíferos provavelmente depositados de forma semelhante que no Distrito de Diamantina, foram selecionados três corpos conglomeráticos para uma amostragem de canal, envolvendo também seções com 10 x 5 cm, visando a comparação dos resultados com os obtidos no Distrito de Diamantina.

Em relação à prospecção aluvionar na região de Diamantina, ela foi realizada nas principais drenagens centrífugas à Serra do Espinhaço (Figura 4). Foram coletadas amostras de leito vivo, envolvendo a coleta de um volume de 10 litros por ponto, sempre em locais onde ocorrem cascalhos reconhecidamente diamantíferos. Em cada área coletou-se material em dois até cinco pontos diferentes. O volume amostrado, por ponto, é o recomendado por Cassedanne (1972), o qual apresentou resultados satisfatórios em diversas regiões onde foi utilizado (Pereira 1981, Zimbres 1987).

Nos distritos de Grão Mogol e da Serra do Cabral, a amostragem foi efetuada nos mesmos moldes que em Diamantina, procurando sempre os principais depósitos diamantíferos em produção. Desta maneira, em Grão Mogol, foram amostrados um depósito no conglomerado pré-cambriano (Pedra Rica), um depósito coluvionar (Garimpo do Pastinho) e dois depósitos aluvionares, sendo um proximal e de pequeno porte (Córrego da Morte) e outro mediano/distal de grande porte (Rio Itacambiruçú), em relação às áreas-fontes na serra (Figura 5-A). Na Serra do Cabral, as duas principais áreas diamantíferas foram abrangidas pela amostragem, objetivando a matriz dos depósitos fanglomeráticos que representam a principal fonte dos diamantes lavrados naquela região. Em Francisco Dumont, foram amostradas as lavras do Boi Morto e do Buriti Grande, enquanto em Jequitaí, a amostragem ocorreu nas lavras da Coruja e do Panazeiro (Figura 5-B).

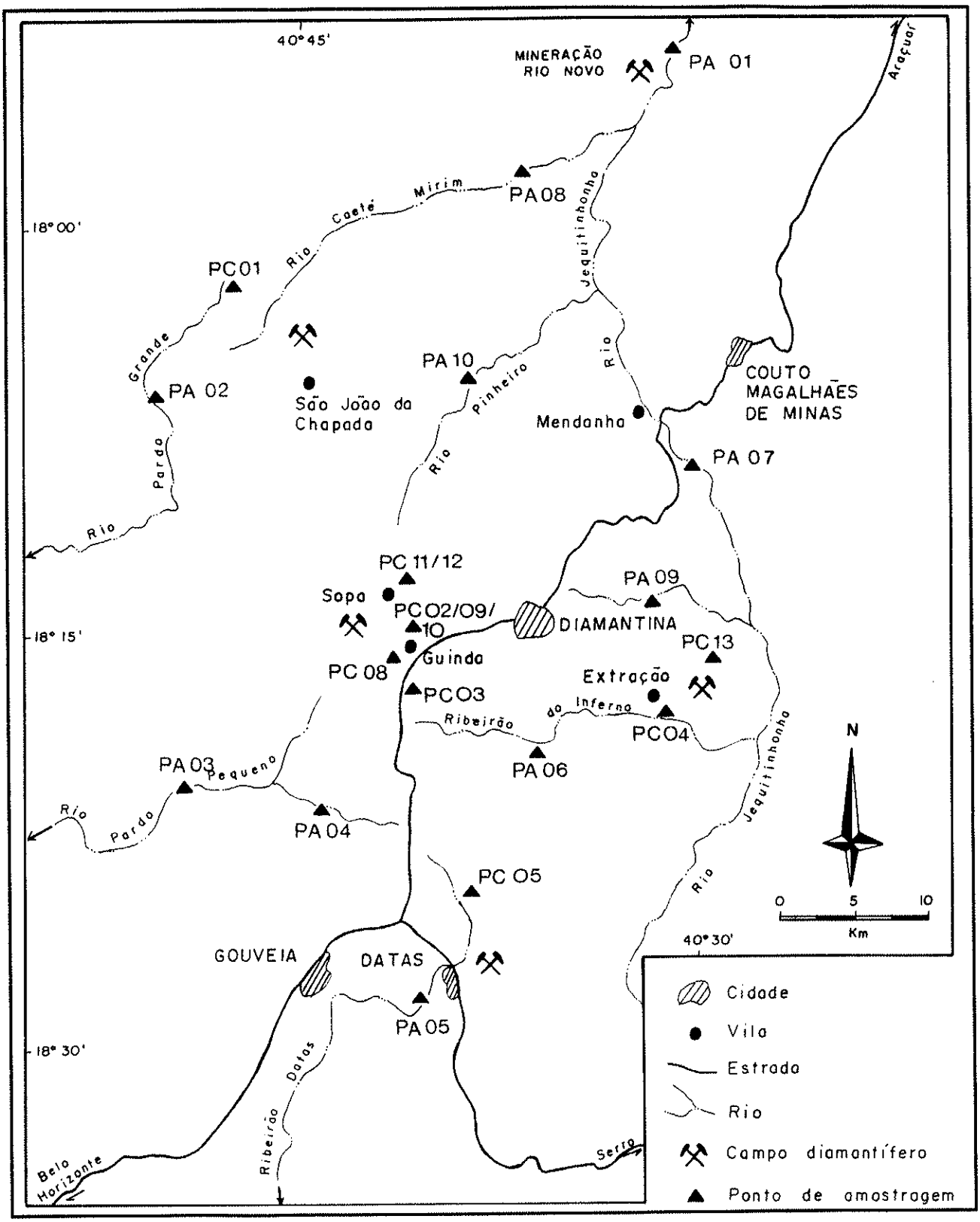


Figura 4: Pontos de amostragem para minerais pesados em conglomerados da Formação Sopa Brumadinho e em depósitos aluvionares no Distrito de Diamantina.

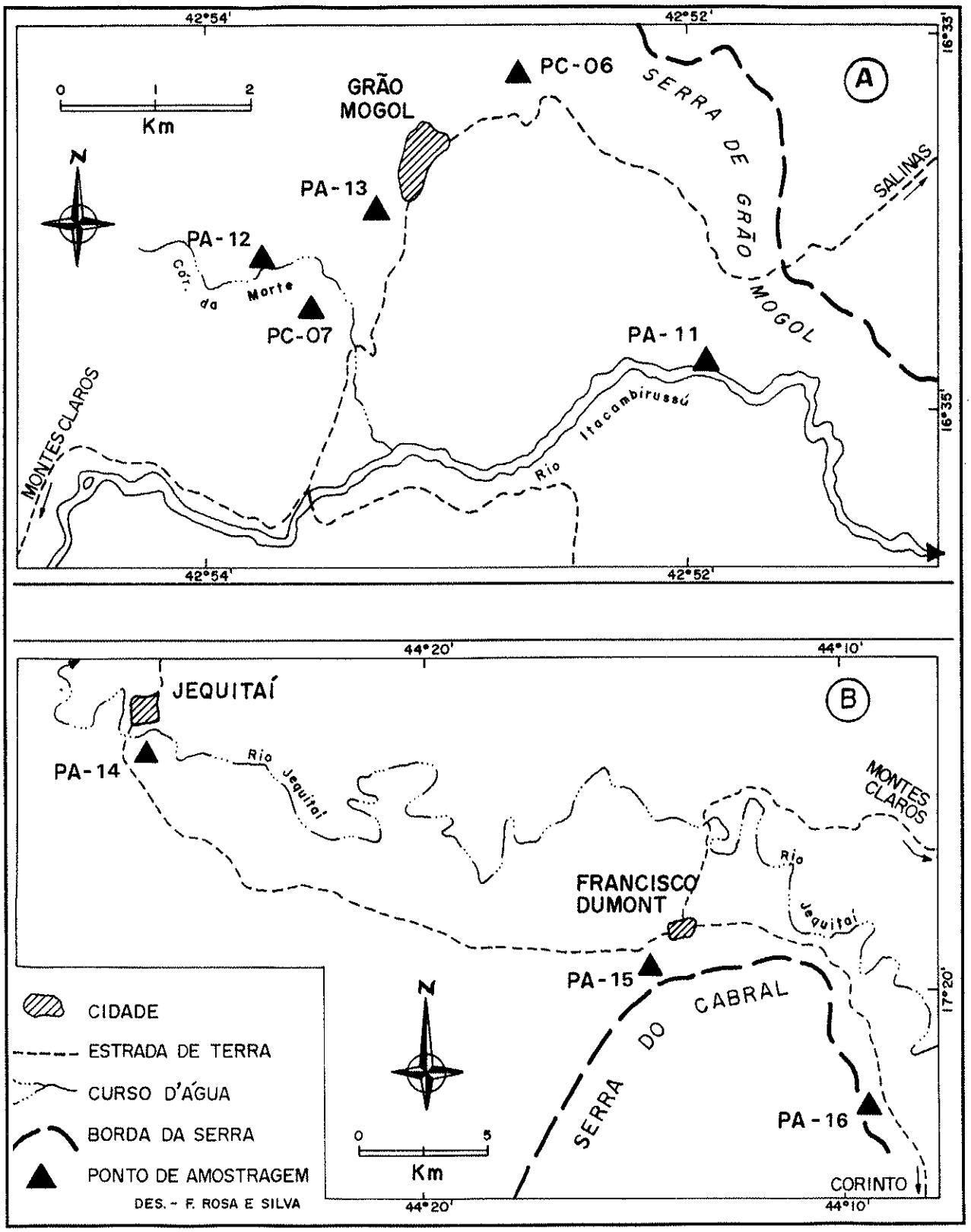


Figura 5: Principais áreas diamantíferas e pontos de amostragem para minerais pesados nos distritos de Grão Mogol (A) e da Serra do Cabral (B).

Envolvendo tanto os conglomerados como os depósitos aluvionares, as amostras depois de coletadas seguiram métodos semelhantes de concentração no campo. Primeiramente os seixos foram separados por peneiramento (4 mm). O material restante foi dividido em duas frações, maior e menor que 1 mm. A fração maior que 1 mm foi concentrada na própria peneira, com o método que consiste em girar esta dentro da água, fazendo ao mesmo tempo movimentos verticais rápidos, de maneira a deixar o material pesado na parte central do fundo da peneira. Este material é então virado em uma superfície limpa e lisa, de modo que os pesados constituam um círculo central, que é inteiramente recolhido. A fração menor que 1 mm foi pré-concentrada por bateiamento, visando cominuir a amostra com a deslamagem e a retirada do excesso de minerais leves.

2.1.4. Cintilometria aplicada aos conglomerados

O método de prospecção por cintilometria é largamente empregado em estudos visando a localização de depósitos minerais radioativos. A maioria das rochas e dos solos delas derivados podem conter radioelementos naturais e a presença destes é facilmente registrada no levantamento cintilométrico de determinada área. A interpretação dos dados cintilométricos pode ainda auxiliar na separação de unidades geológicas e na detecção de anomalias locais. Apenas três elementos químicos - U, Th e K - e seus produtos de decaimento são naturalmente radioativos. Em áreas sedimentares e metassedimentares a presença de elementos radioativos na composição ou na estrutura de certos minerais, como monazita e zircão, podem determinar a existência de anomalias locais registráveis pelo método.

Essas considerações fazem das rochas conglomeráticas, normalmente ricas em minerais pesados, excelentes alvos de experimentação do método cintilométrico. A presença desses dois citados minerais nos conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho tem sido várias vezes referida na literatura geológica (Hussak 1917, Guimarães 1934, Schöll & Turinsky 1980). Além disso, a recente interpretação de Haralyi & Rodrigues (1992), os quais relacionaram os diamantes de "capa verde" na Mina do Campo Sampaio (Distrito de Diamantina) com uma anomalia cintilométrica causada pela presença de monazita no conglomerado, fizeram com que a metodologia fosse extensivamente aplicada em toda Província do Espinhaço e ainda, de maneira comparativa, na Provícia do Alto Paranaíba.

Para a execução do método, foi utilizado um cintilômetro *CAPHYMO-SRAT*, tipo *SSP-2-NF*, em rochas de todos os depósitos diamantíferos estudados. Nesses locais, conjuntamente ao mapeamento geológico, foram definidas várias linhas transversais ao(s)

corpo(s) mineralizados(s), onde se obteve os índices cintilométricos médios para as rochas diamantíferas e sua(s) encaixante(s).

2.2. TRABALHOS DE LABORATÓRIO

Os trabalhos de laboratório foram realizados nos seguintes locais: Museu de História Natural da UFMG e Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte; Instituto de Geociências da USP, em São Paulo; Laboratórios de Microssonda Eletrônica (Instituto de Geociências) e de Metalurgia Física (LAMEF/Escola de Engenharia) da UFRGS, em Porto Alegre; e no Instituto de Mineralogia e Cristalografia da Universidade de Viena, Áustria. A Figura 6 sintetiza os processos de preparação das amostras de sedimentos e as metodologias de análise empregadas no presente estudo.

2.2.1. Preparação das amostras de sedimentos

A amostragem de sedimentos objetivou a posterior separação:

- de minerais pesados da matriz dos conglomerados pré-cambrianos e dos cascalhos diamantíferos derivados;
- das diferentes frações granulométricas dos cascalhos coluvionares do Holoceno Inicial.

As amostras visando os minerais pesados foram pré-concentradas no campo nas frações peneira média (ϕ = 4 mm), peneira fina (ϕ = 2 mm) e bateia (ϕ < 2 mm). Em laboratório, elas foram submetidas à rotina comum de preparação, constando de lavagem do material, secagem em estufa e peneiramento. Desta maneira, separou-se as seguintes frações granulométricas:

$$\phi > 0{,}250 \text{ mm}$$

$$0{,}250 > \phi > 0{,}125 \text{ mm}$$

$$0{,}125 > \phi > 0{,}062 \text{ mm}$$

$$\phi < 0{,}062 \text{ mm}$$

As duas frações centrais foram utilizadas no processo de separação dos minerais pesados com bromofórmio (d = 2,89). Em seguida os minerais de maior susceptibilidade magnética foram separados com imã comum e os demais através do separador isodinâmico *Frantz*, tendo sido utilizadas intensidades de corrente e inclinações variadas. As frações assim obtidas, umas constituídas essencialmente por minerais metálicos

e outras por minerais não metálicos, transparentes e opacos, foram posteriormente submetidas a diferentes métodos de identificação e análise. Esses procedimentos foram realizados nos laboratórios do Museu de História Natural da UFMG.

2.2.2. Métodos ópticos convencionais

Na caracterização dos minerais presentes nos concentrados de pesados dos depósitos diamantíferos, além de descrições detalhadas nos hábitos, figuras de superfície e inclusões nos diamantes, os métodos ópticos utilizando a lupa binocular estereoscópica e o microscópio de polarização, antecederam as análises em outros laboratórios. Este procedimento visa a otimização do material a ser estudado através de análises mais detalhadas. Para o exame em lupa binocular foram utilizadas as frações mais grossas que 0,125 mm, enquanto que as frações mais finas foram estudadas sob o microscópio polarizador. Os trabalhos foram efetuados em lupas e microscópios *Zeiss* e *Leitz*, disponíveis nos laboratórios do Museu de História Natural da UFMG e do Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG/USP.

2.2.3. Difratometria de raios X

Esta técnica foi utilizada paralelamente com a microscopia óptica no processo de identificação dos minerais pesados. Para os minerais presentes em quantidade suficiente, os registros gráficos foram obtidos através de um difratômetro *Rigaku*, modelo *Geigerflex* com goniômetro horizontal, pertencendo ao laboratório de mineralogia do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte. Para as fases minerais presentes em menor quantidade ou cristais únicos, foram obtidos diagramas de pó nas câmaras *Debye-Scherrer* e de *Gandolfi*, existentes no Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG/USP. Os filmes são registrados com exposições de 12, 20 e 48 horas, utilizando-se como fonte de radiação um tubo de cobre e filtro de níquel, sob condições de 40 kv e 20 mÅ. Já para os difratogramas, os registros são realizados com a contagem de 1000 cps, velocidade de goniômetro de 2°/min, velocidade do papel de 2 cm/min e intervalo de exposição de 60° (5-65°).

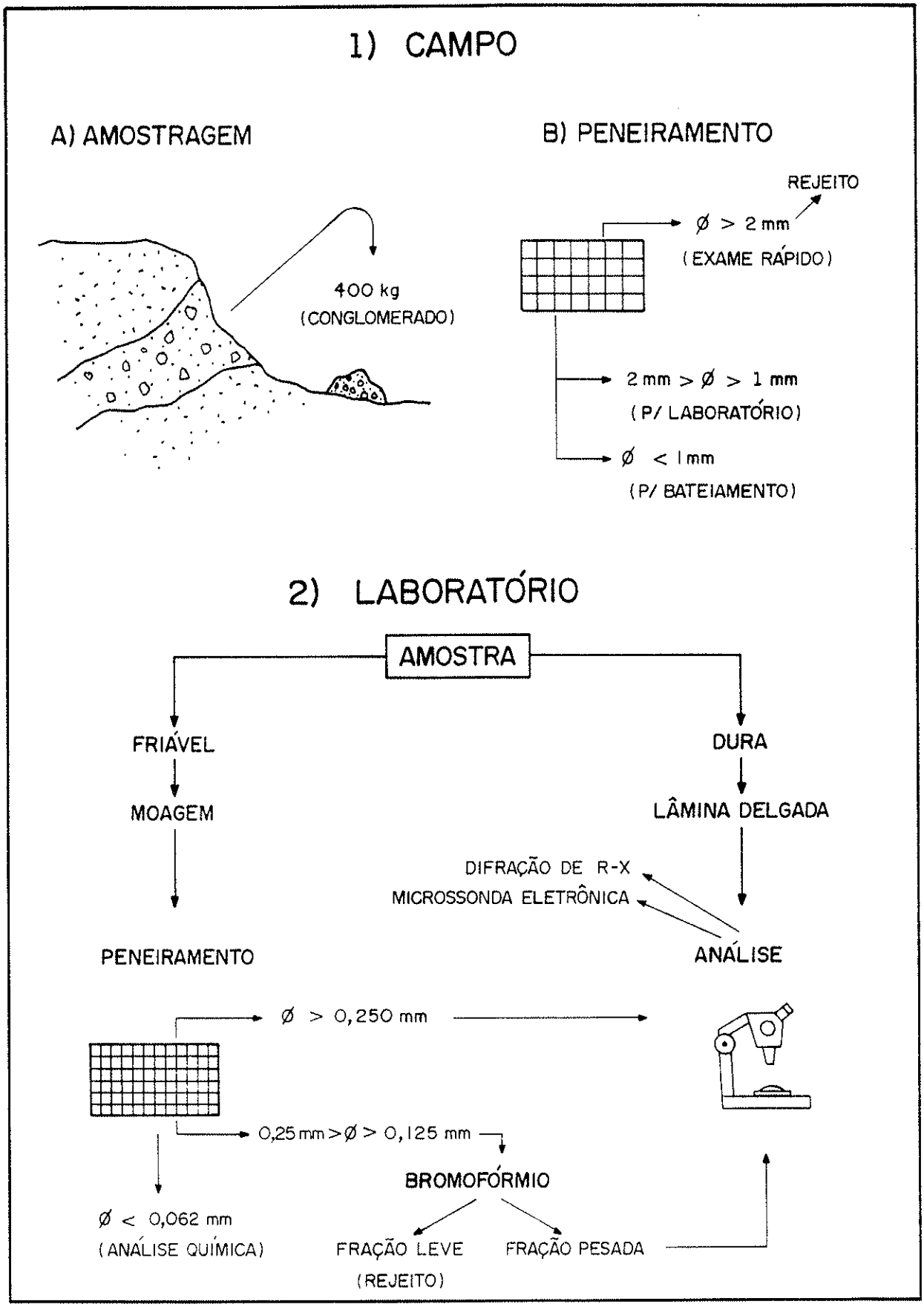


Figura 6: Seqüência de atividades obedecidas na amostragem de campo e na preparação / estudo dos minerais pesados em laboratório.

2.2.4. Fluorescência de raios X

A fluorescência de raios X é de grande utilidade na análise dos constituintes maiores e menores de uma amostra de mineral ou rocha, sendo o método atualmente também utilizado para a dosagem de elementos traços. No caso da espectrografia por fluorescência, o processo de excitação está associado à irradiação da amostra sob análise por um feixe primário emanado de um tubo de raios X. Como cada elemento possui o seu espectro característico, a radiação emitida pela amostra permite determinar os elementos presentes, os quais são quantificados através da comparação com padrões pré-estabelecidos.

Este método foi utilizado para a determinação da composição química da matriz das rochas conglomeráticas de matriz pelítica da região de Diamantina e, comparativamente, com os conglomerados da região de Coromandel, visando a detecção de possíveis anomalias de elementos químicos ligados a intrusões ultrabásicas. Um volume de cerca de 1 kg de matriz foi coletado em nove pontos da região de Diamantina e em dois pontos da região de Coromandel. Deste volume, separou-se apenas a fração argilosa, da qual utilizou-se cerca de 20 g para as análises. Elas foram realizadas com um aparelho *Philips PW 1400 XRF*, pertencente ao Serviço Geológico do Estado de Hessen, em Wiesbaden, Alemanha.

2.2.5. Microssonda eletrônica

A técnica de análise com microssonda eletrônica tem por objetivo fornecer informações quantitativas sobre a composição química de pontos ocupando no mineral volumes da ordem de alguns microns cúbicos, permitindo assim a análise de quantidades ou fragmentos ínfimos de minerais. A técnica, de caráter não destrutivo, permite também a visualização do material ao tempo de sua análise, possibilitando assim a correlação direta entre a morfologia da amostra e sua composição química. Outras vantagens do selecionamento do ponto a ser dosado são as eliminações de partes alteradas, inclusões, exsoluções, etc.

No âmbito do estudo proposto, o conhecimento da composição química exata de determinados minerais permite a obtenção de dados importantes a respeito das rochas matrizes primárias do diamante. A simples existência de minerais como granada, ilmenita, diopsídio e alguns espinélios não indica necessariamente a presença de uma rocha matriz nas proximidades. Para tanto, tornam-se necessárias informações mais detalhadas sobre a composição química daqueles minerais, especificamente no que se refere à presença de

certos elementos característicos e que dificilmente seriam detectados por análises químicas convencionais. O objetivo inicial foi a análise dos seguintes minerais: granadas, ilmenita, piroxênios e espinélios, sendo que apenas os dois primeiros foram analisados.

Para a execução das análises de amostras previamente selecionadas durante as etapas anteriores, foram utilizadas as microssondas eletrônicas pertencentes ao Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG/USP (*JEOL, JXA-8600 Superprobe*) e ao Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (*CAMECA SX-50*), ambas em condições adequadas para fornecer análises qualitativas (*EDS*) e quantitativas (*WDS*). A comparação da composição química dos minerais analisados com aquelas pertencentes aos mesmos minerais com procedência de kimberlitos e/ou lamproítos, permitiu importantes conclusões a respeito da existência de rochas primárias na região do Espinhaço.

2.2.6. Microscopia eletrônica de varredura

O microscópio eletrônico de varredura utilizado (*scanning eletronic microscope*) no estudo foi um *Philips XL-20* com imageamento acoplado a microcomputador. Com esta aparelhagem consegue-se a obtenção de imagens externas dos cristais ampliadas até 100.000 vezes, sendo assim um excelente meio para a caracterização e fotografagem de estruturas que ocorrem na superfície dos mesmos. Como em geral os diamantes apresentam uma grande variedade de figuras superficiais de dissolução, este método tem sido largamente utilizado para o seu estudo (Svisero 1969, Otter *et al.* 1994).

As amostras de diamante devem ser previamente metalizadas com ouro (18mÅ/18s), para torná-las condutoras de eletricidade, e depois coladas em fita adesiva de grafite com dupla-face, em plaquinhas de alumínio que comportam até quatro cristais por vez. Os estudos utilizando este método foram conduzidos no Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF) da Escola de Engenharia da UFRGS, em Porto Alegre.

2.2.7. Espectroscopia de absorção no infravermelho

O uso da espectroscopia de raios infravermelhos no estudo dos minerais tem adquirido caráter sistemático nos últimos anos, fornecendo dados importantes a respeito da composição química e da estrutura interna dos cristais. O comportamento do material sob análise é registrado nos espectros infravermelhos, os quais resultam da absorção das freqüências correspondentes aos movimentos que existem espontaneamente nas partículas

constituintes do mineral. A energia das partículas se manifesta por movimentos de rotação (moléculas) ou por vibração (átomos e elétrons). Durante o registro do espectro, a freqüência varia continuamente, de maneira que a energia transmitida é automaticamente analisada, obtendo-se um gráfico que representa a intensidade de energia transmitida ou absorvida.

É um dos métodos que se tem mostrado mais útil no estudo da composição química e de defeitos estruturais do diamante, tendo grande aplicabilidade prática pois permite detectar a presença e o comportamento do nitrogênio, considerado desde longa data como a principal impureza desse mineral (Sutherland *et al.* 1954, Kaiser & Bond 1959). O método consiste basicamente na incidência de um feixe condensado de raios infravermelhos na amostra sob análise, de sorte que ela emita picos de absorção típicos, capazes de fornecer um espectrograma característico onde o nitrogênio é determinado.

Com o propósito de determinar o comportamento ao infravermelho de diamantes da região do Espinhaço, foram analisadas 85 amostras no espectrofotômetro *Perkin-Elmer X1760*, com adaptação para monocristais. Esse procedimento substitui as pastilhas confeccionadas com KBr, tendo ainda as vantagens de preservar as amostras para estudos posteriores e de permitir a orientação do cristal em relação ao feixe infravermelho. Cristais límpidos de diamante, pesando entre 0,05 e 0,10 ct, foram previamente polidos em duas faces paralelas tomando o formato de plaquinhas com espessura variável de 0,5 até 1 mm. Os espectros foram tomados na faixa de 4000 até 400 cm^{-1} com medições a cada 4 cm^{-1}, em uma média de sinais de aproximadamente 100 scans. As medições foram feitas em várias posições para cada amostra, usando uma abertura circular de 1 mm para limitar o raio incidente.

As análises foram realizadas no Instituto de Mineralogia e Cristalografia da Universidade de Viena (Áustria), sob a supervisão do Prof. Dr. Anton Beran.

2.2.8. Análises por ativação com nêutrons

A presença de diamantes com "capa verde", isto é, recobertos irregularmente por uma película verde de cerca de 20 μ de espessura, foi constatada como sendo comum entre os cristais amostrados na Serra do Espinhaço. Devido a inexistência de um consenso na literatura sobre a origem deste capeamento, experimentou-se em certas amostras a técnica de análise por ativação com nêutrons em um reator nuclear, visando a possível determinação de elementos traços a ele relacionados.

A análise por ativação com nêutrons (AAN) é uma das aplicações relevantes, típica dos reatores nucleares de pesquisa, como é o caso do *IPR-R1 Triga Mark I* instalado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte. Os

estudos foram realizados naquele centro, com a colaboração do físico Dr. Roberto Stasiulevicius. Devido ao alto fluxo de nêutrons térmicos disponível no reator, alcançando até $4,4x10^{12}$ cm^{-2} s^{-1}, toma-se possível obter uma excelente sensibilidade de análise para muitos elementos com esta técnica, da ordem de ppb(s). Desta maneira, a AAN pode ser considerada como um dos mais precisos e exatos métodos disponíveis para a detecção de elementos-traços.

A condição inicial para aplicação da técnica AAN é a de que os elementos de interesse tenham uma reação típica com os nêutrons, daí resultando a formação de um nuclídeo radioativo com propriedades nucleares capazes de serem detectadas. Isto é, a probabilidade para ocorrência da reação (seção de choque) e a abundância isotópica do alvo devem ser grandes o suficiente para medição da radiação característica. (s) tipo(s) de energia(s) e a(s) meia(s)-vida também devem ser adequados, principalmente diante das outras interferências decorrentes das impurezas presentes na amostra.

Desta maneira, quando os cristais são expostos ao fluxo de nêutrons produzidos no reator nuclear, ocorre a reação (η,γ) em que um nuclídeo captura um nêutron, emitindo a seguir radiação gama. Por exemplo: ^{238}U $(\eta\gamma)$ ^{239}U. Geralmente, o nuclídeo formado é radioativo e decai por emissão de partículas β (elétrons):

$$\begin{array}{ccc} & \beta & \\ ^{239}U & \rightarrow & ^{239}Np \\ t1/2 = 23,5\ min & & t1/2=2,36\ dias. \end{array}$$

Como o decaimento beta é acompanhado de emissão de raios gama, é medida essa radiação com um espectrômetro específico.

A natureza das radiações emitidas, assim como suas energias e a meia-vida do radioisótopo produzido, podem ser utilizados para a análise qualitativa e quantitativa do elemento alvo. Dependendo da complexidade da amostra analisada e do equipamento disponível, a técnica pode ser não destrutiva como para os cristais de diamante analisados. As análises multielementais foram realizadas medindo-se as amostras e padrões irradiados no espectrômetro de raios gama, constituídos de detectores de estado sólido de Ge(Li), acoplados a multianalisadores de 4096 canais e eletrônica associada a computadores para análise e deconvolução dos espectros e os cálculos das concentrações.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Numerosos trabalhos trataram da geologia da região da Serra do Espinhaço, principalmente em sua porção meridional, originando assim várias controvérsias a respeito da empilhamento estratigráfico das seqüências rochosas que nela afloram. Não se pretendendo entrar no óbice destas discussões, procurou-se simplificar os temas concernentes à estratigrafia, geologia estrutural e evolução geológica, a partir do reconhecimento de três conjuntos lito-estratigráficos pré-cambrianos, bem definidos e que atendem aos objetivos deste trabalho: Embasamento Pré-Espinhaço, Supergrupo Espinhaço e Supergrupo São Francisco (Figura 7). As unidades estratigráficas fanerozóicas, pouco estudadas a nível regional, serão tratadas nos capítulos específicos sobre os distritos diamantíferos enfocados.

3.1. ESTRATIGRAFIA

3.1.1. Embasamento Pré-Espinhaço

Sob esta designação, informal, considera-se aqui todas as rochas complexamente estruturadas de idade anterior ao Supergrupo Espinhaço. Equivale à "Série Pré-Minas" de Pflug (1965), reunindo tanto as rochas granitóides certamente arqueanas (Brito Neves *et al.* 1979), bem como os xistos de composição variegada, ora atribuídos a uma unidade independente (Schöll & Fogaça 1979, Fogaça *et al.* 1984), ora considerados de derivação milonítica a partir dos granitóides (Dossin *et al.* 1990). As rochas agrupadas nesta unidade no centro-norte de Minas Gerais ocorrem em três principais áreas: na região de Gouveia, no núcleo do Anticlinal de Itacambira, e na borda leste da Serra do Espinhaço (Figura 7).

Os granitos, gnaisses e migmatitos que integram o embasamento arqueano mais antigo são tipos peraluminosos que mostram fortes indicações de origem anatética (Hoffmann 1983). Uma alta percentagem de zircões arredondados é também uma evidência a favor de granitóides do tipo-S. Segundo dados radiométricos de Brito Neves *et al.* (1979), essas rochas sofreram uma re-homogenização isotópica generalizada em 2,8-2,7 Ga (isócrona Rb/Sr em rocha total), com rejuvenescimentos associados aos ciclos orogênicos Transamazônico e Brasiliano. Posteriormente, Machado *et al.* (1989) através de estudos geocronológicos pelo método U/Pb em zircões, determinaram uma idade de 2,84 Ga para os granitos desta seqüência.

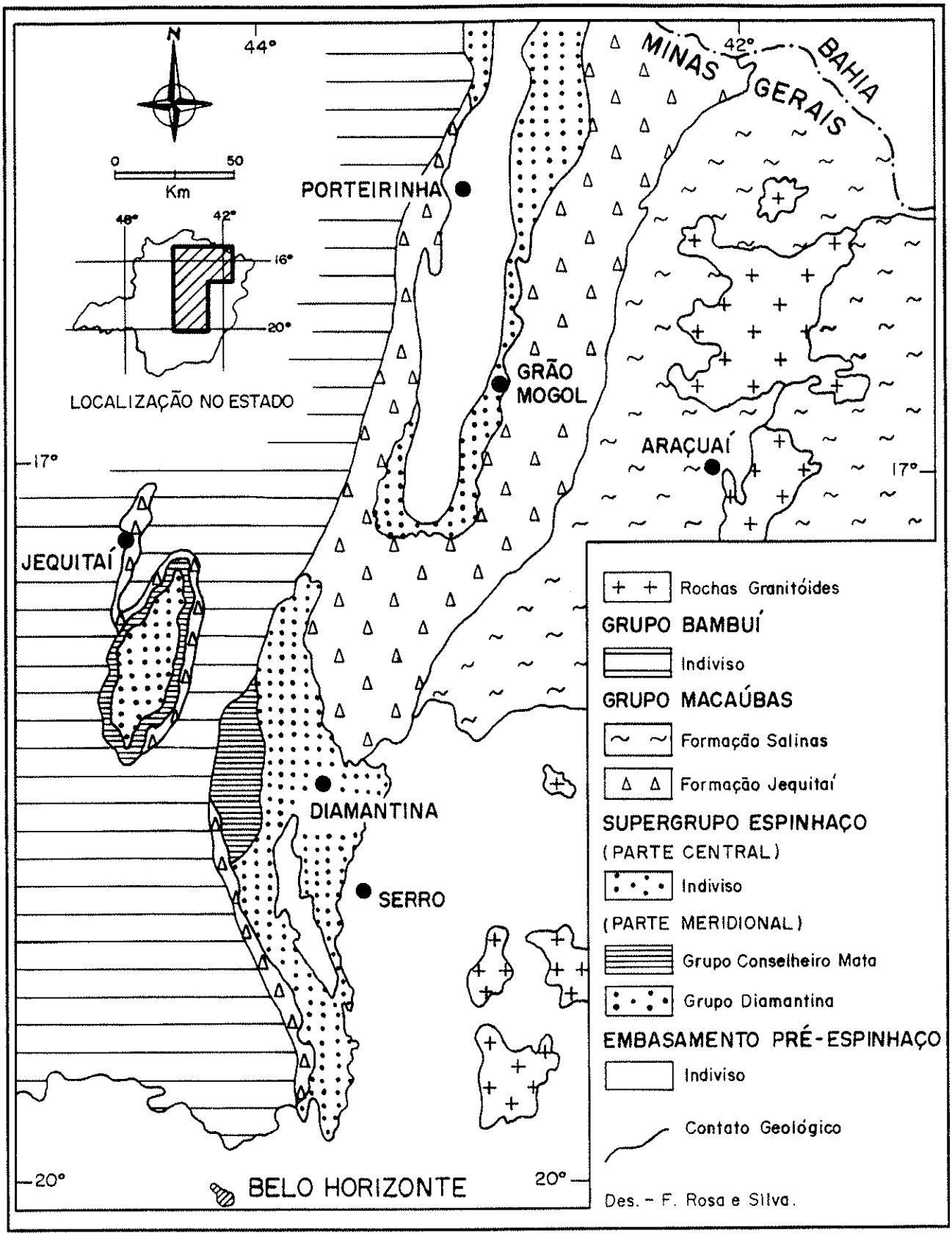


Figura 7: Geologia da região da Serra do Espinhaço em suas porções meridional e central.

Na região de Gouveia, aparecem embutidas tectonicamente no núcleo formado pelos granitóides, faixas lineares ocupadas por tipos litológicos de associação máfica-ultramáfica (xistos verdes, talco-clorita xistos e serpentinitos) ou de associação vulcano-sedimentar (metavulcanitos ácidos, metacherts, itabiritos e sericita xistos). Esta seqüência, conhecida como Grupo Pedro Pereira, mostra certos indícios de representar o resto de um *greenstone belt* (Carvalho 1982, Fogaça *et al.* 1984). Bordejando o mesmo núcleo, afloram quartzo-mica xistos e quartzo xistos, localmente com cianita e lazulita, os quais foram designados de Grupo Costa Sena por Fogaça *et al.* (1984), e reunidos por esses autores junto com o Grupo Pedro Pereira no "Supergrupo Rio Paraúna".

Na borda leste do Espinhaço Meridional, abrangendo uma faixa linear N-S entre as cidades de Serro e Alvorada de Minas, Uhlein *et al.* (1983), identificaram xistos magnesianos e esteatitos, intercalados com formações ferríferas, micaxistos, fuchsita quartzitos e quartzitos sericíticos, designados de "Seqüência Vulcano-Sedimentar de Serro". A seqüência foi interpretada como do tipo *greenstone belt,* possivelmente de idade arqueana, e Herrgesell (1985) comparou-a ao Supergrupo Rio das Velhas, do Quadrilátero Ferrífero. Machado *et al.* (1989) determinaram uma idade de 2,97 Ga para estas rochas.

3.1.2. Supergrupo Espinhaço

Bruni *et al.* (1974) designaram de Supergrupo Espinhaço as seqüências predominantemente quartzíticas que suportam o relevo da Serra do Espinhaço nos estados de Minas Gerais e Bahia. No Espinhaço Meridional, a introdução do termo veio substituir a designação "Série Minas" estendida à região por Pflug (1965a,b), a partir da correlação das rochas aflorantes na região de Diamantina com os metassedimentos clasto-químicos do Quadrilátero Ferrífero - classicamente conhecidos como Série Minas (Derby 1906). Segundo vários autores a espessura total do Supergrupo Espinhaço varia entre 2500-3000 m (Marshak & Alkmim 1989, Dossin *et al.* 1990, Uhlein 1991), estando a seqüência metamorfizada no fácies xistos verdes baixo. Rochas metamagmáticas situadas na base do pacote foram recentemente datadas no intervalo de 1,70-1,71 Ga (Machado *et al.* 1989, Dussin 1994).

Pflug (1968) subdividiu a seqüência metassedimentar que aflora no paralelo de Diamantina em oito formações: São João da Chapada, Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande, da base para o topo. Posteriormente, Dossin *et al.* (1984,1990) reuniram as três formações inferiores no "Grupo Diamantina", assim como as cinco formações superiores no "Grupo Conselheiro Mata". Esta subdivisão é amplamente aplicável desde a área da Serra das Cambotas, ao norte do Quadrilátero Ferrífero, até o fechamento da estrutura formada pelo

Supergrupo Espinhaço ao norte de Diamantina, sendo toda esta região geralmente conhecida como Espinhaço Meridional. Almeida-Abreu (1993) sugeriu a substituição do termo Grupo Diamantina por "Grupo Guinda", para evitar possíveis relações e equívocos em relação ao Grupo Chapada Diamantina que aflora no Espinhaço Baiano. As principais litologias e algumas características dos grupos Diamantina (termo aqui mantido pela lei de prioridade) e Conselheiro Mata encontram-se na Figura 8.

A área conhecida como "Espinhaço Central" (Chaves 1988) é ainda pouco conhecida quanto a sua geologia. O Supergrupo Espinhaço nesta região aflora ocupando os flancos do Anticlinório de Itacambira, mapeado apenas em sua porção sul por Karfunkel & Karfunkel (1976a,1977). Estes autores identificaram quatro formações sobre o Embasamento Pré-Espinhaço: Itacambiruçú, Resplandecente, Água Preta e Matão (da base para o topo). Uhlein (1991) considerou os micaxistos da Formação Itacambiruçú como porções milonitizadas do embasamento arqueano. Os levantamentos efetuados pelo autor do presente trabalho na região de Grão Mogol, conforme explicado no Capítulo 5, permitiram reunir em uma só seqüência as unidades Água Preta e Matão, que foi designada de Formação Grão Mogol, depositada em discordância erosiva sobre a Formação Resplandecente.

No âmbito do Supergrupo Espinhaço, as formações Sopa Brumadinho (Espinhaço Meridional) e Grão Mogol (Espinhaço Central), adquirem especial importância por conterem corpos lenticulares de conglomerados diamantíferos. Assim, rochas conglomeráticas com diamantes ocorrem descontinuamente desde a Serra das Cambotas, no Quadrilátero Ferrífero, até pelo menos a região de Porteirinha no extremo norte de Minas Gerais. São conglomerados polimíticos, geralmente clasto-suportados, com espessuras que variam de menos que 1 m até cerca de 100 m. Apresentam, de local para local onde afloram, teores extremamente variáveis daquela preciosa gema.

A Formação Sopa Brumadinho recobre de forma gradacional a Formação São João da Chapada, estando por sua vez sobreposta em discordância regional pela Formação Galho do Miguel, as três constituindo o Grupo Diamantina. Recentemente Almeida-Abreu (1993) integrou à base desta seqüência a Formação Bandeirinha, antes considerada parte do Supergrupo Rio Paraúna (Embasamento Pré-Espinhaço). As características mais importantes do Grupo Diamantina sugerem que a sedimentação ocorreu principalmente em ambientes continentais de vários tipos, como fluviais, desérticos, lacustres e de leques aluviais (Chaves 1987, Garcia & Uhlein 1987, Martins Neto 1989,1993, Almeida-Abreu 1993, Silva 1995). É interessante observar que no Conglomerado Sopa ocorrem abundantes clastos de conglomerado, indicando que a unidade inferior já estava diagenizada quando seu topo foi retrabalhado. A espessura total do Grupo Diamantina parece variar entre 800 e 1000 m, mascarada por sucessões de dobras e falhamentos de vários tipos.

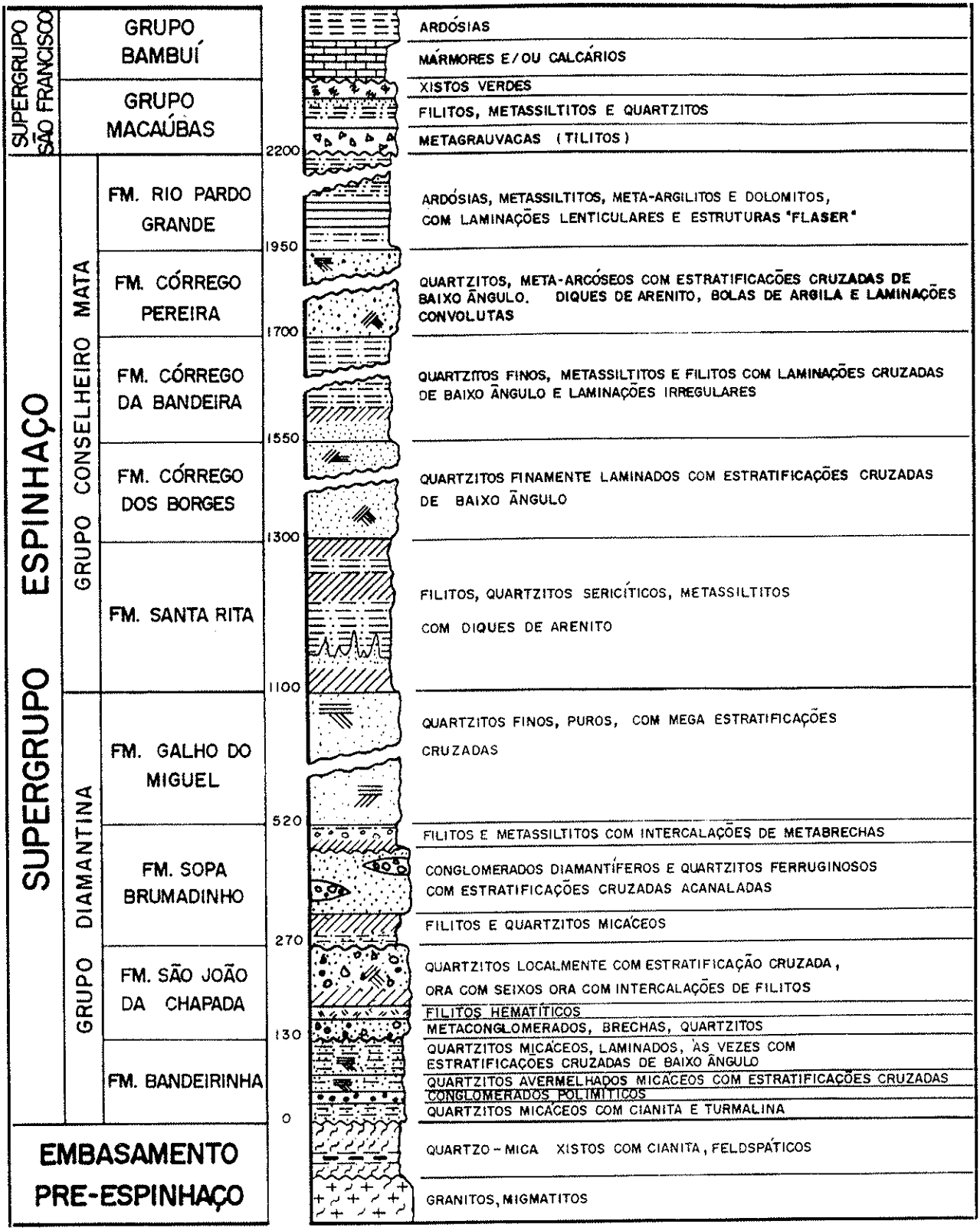


Figura 8: Coluna estratigráfica da Serra do Espinhaço em sua porção meridional, levantada no paralelo da cidade de Diamantina.

O Grupo Conselheiro Mata, reunindo as cinco formações superiores do Supergrupo Espinhaço (Figura 8), está representado exclusivamente na borda ocidental da Serra do Espinhaço. As litologias presentes nesta seqüência evidenciam alternâncias cíclicas de sedimentos arenosos finos com siltitos e argilitos, sugerindo megaciclos transgressivos e regressivos em ambiente marinho raso a plataformal (Marshak & Alkmin 1989, Dossin *et al.* 1990). A existência de dolomitos recifais na Formação Rio Pardo Grande, de topo, indica o fechamento da bacia com a conseqüente redução de suprimento a partir da área-fonte. A espessura total do Grupo Conselheiro Mata oscila em torno de 900 m (Uhlein 1991).

3.1.3. Supergrupo São Francisco

Sob a designação de Supergrupo São Francisco são agrupadas todas as seqüências deposicionais do Proterozóico Superior da região (Pflug & Renger 1973). No centro-norte de Minas Gerais estas seqüências são representadas pelos grupos Macaúbas e Bambuí (Figuras 7 e 8). O Grupo Macaúbas (Moraes & Guimarães 1930) aflora a leste da Serra do Espinhaço a partir da localidade de Mendanha. A oeste da mesma, ele ocorre em uma faixa delgada e descontínua. As principais litologias desta seqüência são metassedimentos de origem glacial (tilitos), quartzitos e metapelitos. A espessura do Grupo Macaúbas varia de quase 50 m, nas exposições da borda oeste do Espinhaço, até mais de 500 m a leste da serra (Karfunkel & Karfunkel 1976a,b, Walde 1978).

Os rochas sedimentares de natureza pelito-carbonáticas que afloram no vale do Rio São Francisco foram descritas em várias localidades por Derby (1879,1882). Rimann (1917), designou como "Série Bambuí" ochas análogas da borda sul do craton, expressão que tornou-se consagrada pelo uso na literatura geológica brasileira. O Grupo Bambuí representa uma extensa cobertura cratônica limitada a leste pela Serra do Espinhaço e a oeste pela Faixa de Dobramentos Brasília, com espessura total entre 800 e 900 m (Uhlein 1991). As várias divisões já propostas para a compartimentação desta seqüência não serão tratadas neste trabalho.

3.2. GEOLOGIA ESTRUTURAL

A Faixa Móvel Espinhaço (Dossin *et al.* 1984) compreende uma unidade tectonicamente evoluída no meso a neoproterozóico, onde estão impressos pelo menos quatro eventos ou etapas deformacionais progressivas atribuídas ao Ciclo Brasiliano (Uhlein *et al.* 1986a). Tais etapas ocorreram em conseqüência da compressão sofrida pelo

pacote sedimentar em direção ao Cráton do São Francisco, aqui entendido como a área continental que restou estável a partir de uma placa litosférica neoproterozóica (Alkmim et *al.* 1993, Brito Neves & Alkmim 1993).

O Evento D_1 é representado por zonas de cisalhamento dúcteis subhorizontais, com deslocamento das rochas para oeste em direção ao cráton. Os principais elementos estruturais observados em relação a este evento são: xistosidade S_1 subparalela ao acamamento sedimentar (S_0), lineações de estiramento (L_1), falhas inversas de baixo ângulo e, localmente, minidobras isoclinais recumbentes. A estruturação regional é em homoclinal (sem dobras de grande porte) ou em escamas tectônicas imbricadas, morfologicamente ilustradas por *hogbacks*. Na borda leste da Serra do Espinhaço foram também descritas *nappes* e dobras em bainha, elementos que, considerados com os demais, permite situar o Evento D_1 como de tectônica tangencial em regime de cisalhamento simples e com deslocamentos interestratais para oeste preferenciando contatos estratigráficos, podendo atingir vários quilômetros de rejeito (Herrgesell & Pflug 1985, Uhlein *et al.* 1986a).

O Evento D_2 caracteriza-se pela geração de dobras assimétricas com vergência para oeste, estruturadas em grandes mega-anticlinórios e mega-sinclinórios de eixos norte-sul e planos axiais fortemente inclinados para leste (Pflug 1965b). Essas dobras apresentam uma foliação S_2 de plano axial cortando o acamamento sedimentar, representada em quartzitos por uma intensa clivagem de fratura. A lineação (L_2) é de intersecção S_0xS_2 ou de crenulação (S_1xS_2), mostrando orientação subhorizontal. É o evento melhor desenvolvido nas litologias do Supergrupo Espinhaço, principalmente nas porções central e ocidental da serra. As falhas decorrentes são empurrões de alto ângulo, normalmente com superfícies paralelas à S_2 e rejeitos que podem atingir centenas de metros (Uhlein *et al.* 1986a).

O Evento D_3 é melhor observado em litologias metapelíticas do Grupo Diamantina, na parte central e a leste da serra, aparecendo como uma clivagem de crenulação ou de fratura (S_3) orientada N-S, caindo 40-70°W. A S_3 é plano-axial a ondulações métricas das xistosidades S_1 e S_2, mostrando um estilo aberto e suave, ou em *chevron, kinks* e caixas, com vergência para leste (Uhlein *et al.* 1986a).

O quarto e último Evento, D_4, ocorre de maneira generalizada na borda ocidental da Serra do Espinhaço, em litologias do Grupo Conselheiro Mata. Compreende estruturas braquianticlinais e braquissinclinais de eixo E-W que provocam o duplo caimento das dobras geradas em D_2, não desenvolvendo uma xistosidade associada (Uhlein *et al.* 1986a). Relacionam-se também a este evento falhas de gravidade e fraturas subverticais com orientação próxima de E-W, muitas vezes preenchidas por diques de rochas metabásicas.

Os dois primeiros eventos deformacionais, D_1 e D_2, mostram nítida separação geográfica e influência do nível estrutural em que foram gerados. Assim, o Evento D_1 atinge somente as litologias do Grupo Diamantina e seu embasamento na borda leste da cordilheira. Nas porções central e oeste da mesma, passa a predominar o Evento D_2, mercante em litologias tanto do Grupo Diamantina quanto do Grupo Conselheiro Mata. O Evento D_3, que não desenvolveu dobras, mostra clivagens de crenulação principalmente nos filitos situados na zona axial da serra. O último evento, D_4, responsável pelo duplo caimento das amplas dobras formadas em D_2, é característico das unidades que compõem o Grupo Conselheiro Mata, na borda oeste da porção meridional da serra.

A deformação do Supergrupo Espinhaço deu-se em níveis crustais médios a profundos durante o Ciclo Brasiliano (750-500 Ma). Durante a Era Paleozóica, a região experimentou um período de quiescência tectônica e provavelmente apenas no Juro-Cretáceo a área foi palco de novos movimentos, epirogenéticos, que causaram o soergüimento de toda porção interiorana brasileira. Esses movimentos positivos crustais relacionam-se à tectônica de separação continental América do Sul x África, sendo melhor conhecidos na região do Quadrilátero Ferrífero e na Serra da Canastra, ao sul de Minas Gerais. No Espinhaço Meridional, o soerguimento proporcionou a erosão inclusive de rochas das formações basais do Supergrupo Espinhaço. Desta maneira, todos os depósitos residuais diamantíferos relacionados ao período pós-Espinhaço são cretácicos ou mais jovens, quando o Conglomerado Sopa já estava exposto à erosão.

3.3. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

No Arqueano, em idade superior a 2,8 Ga, individualizou-se um núclec continental que deve ter ocupado, em sua maior parte, a área atual da bacia do Rio São Francisco. Este microcontinente foi a principal fonte supridora de sedimentos para as bacias marginais e, quando iniciado o ciclo de dobramentos no Proterozóico Superior, funcionou como uma unidade estável à qual aglutinaram-se as espessas seqüências sedimentares acumuladas em suas bordas (Pflug *et al.* 1980). Em geral, os tipos litológicos arqueanos são cortados por conspícuos lineamentos N-S e E-W que parecem controlar todas as estruturas regionais subsequentes.

A movimentação da crosta, através desses lineamentos teria gerado calhas de sedimentação restritas. com vulcanismo básico-ultrabásico associado, constituindo manifestações de natureza vulcano-sedimentar no final do Arqueano. Tais seqüências

mostram-se na maior parte obliteradas por processos tectônico e/ou metassomático, contribuindo para sua assimilação total ou parcial pela crosta siálica. Torna-se assim difícil a caracterização de um *greenstone belt* típico, como o que ocorre no Quadrilátero Ferrífero (Supergrupo Rio das Velhas), a partir dos relictos mal conhecidos que afloram nas regiões de Gouveia e Serro.

As áreas desenvolvidas durante o Arqueano sofreram mundialmente considerável soerguimento e erosão no período entre 2,5 e 2,0 Ga (Windley 1973). Com a progressiva cratonização da crosta, essas áreas tornaram-se mais amplas, permitindo a estruturação de zonas móveis, lineares e confinadas (tipo Espinhaço Meridional, *sensu strictu),* ou a formação de extensos depósitos de cobertura cratônica, tipo Chapada Diamantina na Bahia, e possivelmente também no Espinhaço Central. A sedimentação nessas zonas foi representada principalmente por depósitos arenosos, com magmatismo sinssedimentar ocorrendo apenas localmente, associado à base da seqüência.

Possivelmente já no final do Ciclo Transamazônico (1,8 Ga), iniciou-se a individualização do sítio de sedimentação do Supergrupo Espinhaço, particularmente do Grupo Diamantina. Em seu começo, esta fase foi marcada pela reativação dos lineamentos antigos e pela segmentação de blocos por falhas normais, ocorrendo simultaneamente manifestações magmáticas de caráter intermediário a ácido. Rochas vulcânicas desta natureza são conhecidas nas regiões de Conceição do Mato Dentro (Brito Neves *et al.* 1979) e Monte Azul (Drumond *et al.* 1980, Menezes Filho 1980, Uhlein 1991), porém sua existência próximo de Diamantina é duvidosa. Zircões de rochas meta-ácidas, datadas em 1,71 Ga, são bons indicadores do início da deposição do Supergrupo Espinhaço (Machado *et al.* 1989).

Pelo menos três períodos de *rifting* ocorreram na porção basal da bacia Espinhaço (Almeida-Abreu 1993). O primeiro foi o responsável pela deposição de conglomerados fluviais com leques aluviais associados, além de arenitos vermelhos e rosados considerados *red beds* (Formação Bandeirinha). A segunda fase de *rifting* permitiu a formação de depósitos transicionais, de arenitos com intercalações pelíticas, mostrando o avanço de um mar epicontinental onde sedimentou-se uma seqüência de águas rasas (Formação São João da Chapada), que evoluiu até o assoreamento parcial da bacia (Pflug *et al.* 1980). Ainda neste contexto, Garcia & Uhlein (1987) identificaram um ambiente fluvial com forte influência litorânea, provavelmente já indicando transição para o ciclo sedimentar seguinte.

Uma nova reativação dos fraturamentos antigos (terceira fase de *rifting)* proporcionou a deposição de sedimentos principalmente continentais em sistemas de planícies e leques aluviais (arenitos grosseiros e conglomerados) com uma taxa de suprimento bastante elevada (Formação Sopa Brumadinho). A taxa de subsidência foi também provavelmente alta, permitindo a deposição de espessos pacotes detríticos que demonstram a existência de vários

ciclos de sedimentação semelhantes superpostos, com retrabalhamento intenso dos depósitos antecedentes. Os conglomerados formados neste período se notabilizam pela presença de diamantes, cuja fonte primária é desconhecida até o presente.

Se associam ainda a este período de intensa atividade tectônica, as intrusões de diques e soleiras de magmatitos sinssedimentares, conhecidos na literatura geológica como filitos hematíticos. A natureza original do magmatismo responsável pela formação dessas rochas foi provavelmente ultrabásica-alcalina (Herrgesell & Pflug 1985, Dussin 1994) e, pelo menos no tempo, ele parece estar relacionado à desconhecida rocha fonte da diamante. A existência de sedimentos tufáceos até o topo da Formação Sopa Brumadinho (Fleischer 1993), demonstra a recorrência múltipla de geração de rochas magmáticas no decorrer deste tempo.

A mudança para um ambiente tectonicamente estável faz-se representar por uma espessa e monótona seqüência de sedimentos arenosos finos, que por suas principais características (elevado grau de selecionamento e mega-estratificações cruzadas) são considerados como de origem eólica (Formação Galho do Miguel). Esses depósitos são progressivamente incorporados a um ambiente marinho raso até condições de uma lâmina d'água algo mais profunda, onde a sedimentação de argilitos e siltitos (Formação Santa Rita) indica mudanças nas condições da bacia, passando a ocorrer apenas sedimentação marinha. Os depósitos desse período, representados por alternâncias de sedimentos arenosos e síltico-argilosos, definem megaciclos transgressivos e regressivos em ambiente marinho costeiro, os quais ocorreram até o fechamento da bacia (Grupo Conselheiro Mata).

No Proterozóico Superior uma fase erosiva regional proporcionou expressiva eliminação dos depósitos precedentes. Associado a mudanças climáticas, os novos processos deposicionais permitiram sedimentações glacial e periglacial, atualmente muito bem documentadas (Grupo Macaúbas). Este sistema deposicional progradou para leste, penetrando um mar raso cuja linha costeira se situava aproximadamente onde hoje é a borda leste da cordilheira. A passagem de sedimentos terrestres (Formação Jequitaí) para marinhos, pode ser documentada pela variação gradativa de morenas glaciais, que imprimiram no substrato inúmeros pavimentos estriados, até sedimentos glácio-marinhos, representados por arenitos e siltitos impuros com seixos pingados (Karfunkel & Hoppe 1988).

Uma fase branda de soergüimento e erosão da região do Espinhaço permitiu, ao final do Proterozóico Superior, uma nova distribuição paleogeográfica, aparecendo a oeste bacias de menor extensão onde acumularam-se os detritos da nova serra (Pflug *et al.* 1980). Paralelamente, deve ter acorrido subsidência na área cratônica, originando um mar epicontinental onde depositaram-se principalmente sedimentos pelíticos e carbonáticos (Grupo Bambuí). Com a transgressão progressiva do "Mar Bambuí", as condições de plataforma

carbonática tornaram-se mais evidentes, consubstanciando a larga sedimentação regional das várias formações desta seqüência.

A configuração da Faixa Móvel Espinhaço durante o Ciclo Brasiliano (0,7-0,5 Ga) determinou o dobramento e a sobrelevação da cordilheira. O modelo geodinâmico admitido para a deformação e metamorfismo da faixa é o de tectônica de placas (Leonardos *et al.* 1976, Herrgesell & Pflug 1985), atingindo assim igualmente todas as seqüências aí depositadas. As evidências disponíveis apontam para uma colisão tipo continente-continente, mostrando uma zona de sutura a leste da atual serra com transporte de massas para oeste, em direção ao cráton. A presença de granitos intrusivos ainda mais a leste (dispostos norte-sul desde o norte do Estado até pelo menos a região de Itabira), parece demonstrar que a subducção foi para este lado.

Com a calma tectônica pós-Brasiliana, processos muito lentos de erosão não permitiram a formação de depósitos paleozóicos. Apenas no Mesozóico, com a reativação geral ocorrida em associação à tectônica de separação América do Sul x África, toda região central brasileira foi soerguida, determinando no Cretáceo a geração de uma ampla bacia continental na área do Rio São Francisco (formações Areado e Urucuia). Ao longo da serra, o desenvolvimento de coberturas elúvio-coluvionares ocorreu em associação aos ciclos de aplainamento do Terciário e Quaternário, mas são pouco desenvolvidas. No vale do Rio Jequitinhonha, a existência de níveis de conglomerados e/ou cascalheiras desenvolvidas desde o Cretáceo, contendo localmente diamantes, são bons indicadores da erosão das camadas mineralizadas da Formação Sopa Brumadinho (Chaves *et al.* 1996).

3.4. MINERALIZAÇÕES DIAMANTÍFERAS

3.4.1. Depósitos secundários do Proterozóico

Não se conhecem até o presente momento rochas fontes primárias de diamantes ao longo da Serra do Espinhaço. Entretanto, vários tipos de rocha conglomerática depositados durante o Mesoproterozóico, na porção basal da bacia Espinhaço (Grupo Diamantina), são portadores do mineral. Esses depósitos estão posicionados ao longo da serra sobre uma extensão linear de pelo menos 1000 km, desde o Quadrilátero Ferrífero (Serra das Cambotas) até o extremo norte da Chapada Diamantina baiana. Interessante observar que uma região tão extensa com sedimentos gerados de forma semelhante implica

necessariamente na existência de uma notável província portadora das rochas matrizes originais, seja ela distante ou próxima.

A deposição da seqüência basal do Supergrupo Espinhaço ocorreu provavelmente dentro do intervalo de 1,7-1,5 Ga (Dossin *et al.* 1990, Almeida-Abreu 1993). Um intervalo tão amplo dentro do tempo geológico, deve permitir a existência de vários "andares" estratigráficos distintos, onde o mesmo tipo de sedimentação pode ter ocorrido. Ao longo da região do Espinhaço são conhecidas pelo menos quatro áreas onde o contexto estratigráfico sugere idades ligeiramente diferentes dentro do macro tempo geológico (duas delas - (2) e (3) - abrangidas neste estudo):

(1) Depósitos da Serra das Cambotas e, possivelmente, de Conceição do Mato Dentro, onde o horizonte mineralizado nitidamente está relacionado à porção mais basal do Supergrupo Espinhaço;

(2) Depósitos da região de Diamantina, posicionados na Formação Sopa Brumadinho, porção mediana do Grupo Diamantina. Nesta área foi definido o Conglomerado Sopa típico, extrapolado posteriormente para outras regiões também contendo conglomerados diamantíferos;

(3) Depósitos da região de Itacambira-Grão Mogol, no Espinhaço Central. Estes, são atribuídos à Formação Grão Mogol, uma seqüência situada estratigraficamente acima da Formação Resplandecente que, por sua vez, pode ser correlacionada à Formação Galho do Miguel que aflora na região de Diamantina, conforme demonstrado neste trabalho no Capítulo 5;

(4) Depósitos da Chapada Diamantina, no Estado da Bahia, onde a seqüência conglomerática portadora de diamantes situa-se acima do designado Espinhaço Setentrional, o qual corresponde ao prolongamento baiano da cordilheira desde a região de Grão Mogol. Toda uma estratigrafia própria (Grupo Chapada Diamantina) acha-se bem definida nesta região (Montes 1977, Bonfim & Pedreira 1990).

Ainda que esteja fora de dúvidas uma sedimentação diamantífera ocorrida no Mesoproterozóico Inferior, é controvertida a redistribuição dos diamantes para os depósitos do Neoproterozóico. No início deste período, os processos sedimentares foram controlados pela "Glaciação Jequitaí", responsável pela deposição da Formação Jequitaí, a oeste da Cordilheira, e do Grupo Macaúbas, a leste da mesma.

Derby (1878) foi o primeiro a descrever estas rochas e associá-las com os diamantes que ocorrem nos arredores da cidade de Jequitaí. Posteriormente, outros autores como Moraes & Guimarães (1930) e Freyberg (1934) também consideraram os tilitos como diamantíferos naquela e em outras regiões. Existem ainda algumas descrições rápidas (por exemplo, Carvalho & Epstein 1967, Paiva & Ponçano 1972) relatando que em Jequitaí o

próprio conglomerado glacial e/ou seu solo de alteração eram garimpados em certos locais. Esses dados, porém, foram contestados por Karfunkel & Chaves (1994,1995) e Chaves *et al.* (1994), ao mostrarem em estudos detalhados que o depósito mineralizado é um solo coluvia que recobre não só a Formação Jequitaí, como o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí.

Desta maneira, ainda que o tilito Jequitaí-Macaúbas possa ser diamantífero em alguns locais, seus teores serão sempre muito reduzidos para que permitam alguma atividade de lavra. Na região de Diamantina, de outra forma, esta rocha provavelmente não contém diamantes, visto que os tributários do Rio Jequitinhonha vindos de leste (cortando as rochas do Grupo Macaúbas) não são mineralizados, enquanto os afluentes a oeste, drenando o Supergrupo Espinhaço, são todos diamantíferos.

3.4.2. Depósitos mesozóicos-cenozóicos

Na região estudada existem depósitos diamantíferos fanerozóicos datados a partir do Cretáceo Inferior. Pertencendo à Província do São Francisco, os conglomerados basais da Formação Areado (Membro Abaeté) contém diamantes em várias localidades (Hasui & Penalva 1970, Tompkins & Gonzaga 1989, Campos *et al.* 1993). Como apenas se conhecem rochas de natureza ultrabásica no Cretáceo Superior e ainda assim fora da região enfocada, no Alto Paranaíba, é de se supor que a presença de diamantes nos conglomerados ocorra a partir do retrabalhamento de fontes pré-cambrianas.

Karfunkel & Chaves (1995) consideraram os diamantes nos depósitos do Cretáceo Inferior, localizados na Serra do Cabral e imediações, como originários da Serra do Espinhaço, a leste. Os conglomerados que afloram nesta área foram correlacionados ao Membro Abaeté, representando depósitos fluviais e de leques aluviais pertencentes à protobacia do Rio São Francisco. Os processos de sedimentação foram controlados pelo expressivo soerguimento do Espinhaço Meridional desde o Jurássico Superior, o que deve ter permitido pela primeira vez a exposição dos conglomerados pré-cambrianos da Formação Sopa Brumadinho. Em direção a leste, pertencendo a protobacia do Rio Jequitinhonha, conglomerados semelhantes foram gerados no mesmo período (Chaves *et al.* 1996).

Inexistem dados sobre a ocorrência de rochas diamantíferas atribuídas ao Cretáceo Superior na região centro-norte de Minas Gerais. Ao contrário do que acontece na Provinica do Alto Paranaíba, onde os conglomerados tufáceos da base do Grupo Bauru, (Formação Uberaba), são inclusive lavrados em várias localidades como em Romaria, Estrela do Sul e Coromandel, tais rochas faltam completamente na parcela leste do Rio São Francisco. A oeste do mesmo rio aflora o Conglomerado Capacete, um depósito do Cretáceo Superior correlato com aqueles da Formação Uberaba (Grossi-Sad *et al.* 1971), mas não se

sabe se esta rocha contribuiu para a mineralização dos aluviões diamantíferos dos rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá, já que o Conglomerado Abaeté também aflora nesta região.

Segundo King (1956), no Terciário tardio ocorreu um novo soerguimento da Serra do Espinhaço. Karfunkel & Chaves (1994,1995) atribuíram a presença de fanglomerados plio-pleistocênicos nas encostas ao norte das serras do Cabral e da Água Fria, como uma conseqüência deste soerguimento, gerando depósitos diamantíferos retrabalhados a partir do Conglomerado Abaeté, o qual possui restos preservados nos altos dos espigões serranos. São exemplos típicos destes depósitos, os que são observados nos garimpos do Buriti Grande e do Boi Morto (Município de Francisco Dumont), e dos diversos garimpos situados nos arredores de Jequitaí, conforme os estudos de Chaves *et al.* (1994) e Karfunkel & Chaves (1995), além dos detalhamentos fornecidos no presente estudo (Capítulo 6).

Nas regiões serranas de Diamantina e de Grão Mogol, mesmo sobre rochas que não contém diamantes, é comum aparecer um cascalho coluvionar quartzoso, raramente ultrapassando 30 cm de espessura e com freqüência diamantífero. Estes depósitos, conhecidos como "gorgulhos" pelos garimpeiros, representam o resultado de processos pedogenéticos que possuem uma estreita relação com os ciclos de aplainamento ocorridos a partir do Cretáceo Inferior (King 1956), constituindo também um importante fator na redistribuição cenozóica do diamante.

Com a formação do atual modelado de distribuição aluvionar, ocorrido durante o Holoceno, houve uma nova reciclagem geral dos depósitos diamantíferos. Preferencialmente a bacia do Rio Jequitinhonha drenou de oeste para leste as rochas conglomeráticas das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol, nas regiões de Diamantina e de Itacambira-Grão Mogol, respectivamente. Em direção ao Rio São Francisco, os rios Pardo Grande, Paraúna e Cipó são mineralizados apenas em seu alto curso, também redistribuindo diretamente os diamantes encontrados na Formação Sopa Brumadinho.

Na parcela leste do Médio São Francisco, abrangida por este estudo, os aluviões holocênicos foram originados pelo retrabalhamento dos depósitos coluvionares do Plio-Pleistoceno. O Rio Jequitaí é o principal afluente diamantífero, lavrado nas regiões de Francisco Dumont e Jequitaí, nesta última principalmente. Diamantes ocorrem ainda no leito do Rio de Janeiro e do Ribeirão do Boi, a leste de Três Marias. Como estes possuem as suas nascentes no alto do espigão conhecido como Serra do Repartimento, onde ocorrem conglomerados do Membro Abaeté, é razoável considerar que os diamantes sejam oriundos destas rochas.

Estes depósitos aluvionares de idade recente podem ser subdivididos como de dois tipos (Chaves & Uhlein 1991):

-os de terraços aluvionares, situados até dezenas de metros acima do leito atual e podendo ser considerados do Holoceno precoce, constituindo as denominadas "grupiaras" dos garimpeiros;

-os de cascalhos na base dos leitos atuais, do Holoceno moderno.

Ambos constituem a principal fonte dos diamantes da região e onde sua extração é mais fácil.

3.4.3. Controle geomorfológico atual

Apenas recentemente tem sido dada a devida importância aos processos geomorfológicos como fator de controle na distribuição das jazidas diamantíferas do centro-norte de Minas Gerais (Karfunkel & Chaves 1994,1995). Nesta região, que é parte do planalto central brasileiro, dois principais domínios podem ser definidos: (1) os maciços e superfícies altas modeladas em rochas do Arqueano-Proterozóico Médio, constituindo a Serra do Espinhaço e, (2) os chapadões, modelados nos metassedimentos do Proterozóico Superior e nas coberturas sedimentares mesozóicas. King (1956) classicamente reconheceu nesta região restos de quatro superfícies antigas de aplainamento: Gondwana, Pós-Gondwana, Sul-Americana e Velhas. As duas primeiras, cretácicas, desenvolveram-se principalmente na região do Espinhaço, enquanto as duas outras (cenozóicas) caracterizam a região do Médio São Francisco. Em linhas gerais, estes conceitos têm sido seguidos até o presente (Abreu 1982).

Nas principais áreas onde situam-se os depósitos diamantíferos estudados, Diamantina, Grão Mogol e Serra do Cabral, o Espinhaço apresenta formas de relevo similares, destacando-se certas feições principais moldadas segundo o tipo ou associação de rochas que a definem. Os quartzitos, principalmente quando se apresentam com grão fino e alto grau de maturidade (características predominantes regionalmente), mostram escarpas com ângulos elevados ou mesmo subverticais que acompanham uma direção geral N-S, concordante com a estruturação regional dos dobramentos e da xistosidade proeminente. Elevações abruptas, tipo *inselbergs*, explicadas pela erosão diferencial, predominam ao longo da serra.

No "Planalto de Diamantina" (Abreu 1982) estas feições apresentam-se formando uma série de níveis, progressivamente mais elevados para leste, sugerindo possíveis reativações tectônicas de aplainamento. O intenso fraturamento exibido por essas rochas, lhes confere uma textura bastante típica que interfere na organização da rede de drenagem. Assim, os cursos d'água que cortam este compartimento mostram-se encaixados, formando muitas vezes profundas gargantas. A passagem das drenagens entre os vários níveis se faz por cachoeiras, algumas com dezenas de metros de altura. Nas áreas planas do

topo das escarpas, desenvolvem-se solos rasos, apresentando um horizonte rico em material orgânico que passa bruscamente para a rocha ou nível com fragmentos soltos desta.

O clima atual predominante na região (mesotérmico brando) deveria produzir um equilíbrio natural entre os intemperismos químico e físico. Nos quartzitos, porém, os processos de desintegração químicos são praticamente desprezíveis, destacando-se a feição morfológica conhecida como "corrosão alveolar" (*tafone*), que apresenta a forma de buracos aredondados. O intemperismo físico é mais importante, sendo responsável pela manutenção das formas escarpadas sem a geração de vertentes convexas, características de tipos litológicos mais susceptíveis ao ataque pelo intemperismo químico.

No domínio geomorfológico dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço, pode ser individualizada uma subunidade, onde as litologias que imprimem o relevo são filitos, metassiltitos e conglomerados. Esses litotipos definem áreas aplainadas ou com morrotes suaves, sendo normalmente recobertos por solos pouco espessos e ainda muito quartzosos, às vezes encouraçados por crostas lateríticas. A composição mineralógica variada das rochas deste subdomínio ocasionam uma baixa resistência à erosão e a não impressão dos alinhamentos estruturais, como é característico nos quartzitos. As vertentes mostram-se medianamente inclinadas, com um perfil convexo indicando que a atuação dos processos de alteração química são importantes. As drenagens são pouco encaixadas e normalmente não apresentam encachoeiramento.

As formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol, nas quais inserem-se os depósitos mais antigos de conglomerados diamantíferos, podem ser bem encaixadas dentro do subdomínio anteriormente descrito. Provavelmente, estas seqüências só afloraram durante o Mesozóico Superior, quando a cordilheira foi fortemente soerguida, permitindo assim que níveis rochosos mais profundos fossem expostos à erosão que promoveu o espalhamento aluvionar pós-cretácico dos diamantes. As feições antrópicas de degradação, originadas pela quase tricentenária atividade garimpeira, são fortemente realçadas pelo próprio contexto litológico desta formação.

Na Figura 9, apresenta-se uma correlação entre as diversas superfícies de aplainamento classicamente propostas por King (1956), com os posicionamentos dos principais tipos de depósitos diamantíferos neste contexto. Na região de Diamantina, no fundo dos vales maiores desenvolve-se o segundo "Ciclo Paraguaçu", onde os terraços desses rios referem-se ao primeiro ciclo. Alguns morros de rochas pelíticas e o primeiro nível de escarpas podem ser associados à superfície "Velhas". Os topos um pouco mais elevados que os pelitos e a segunda escarpa de quartzitos relacionam-se à superfície "Sul Americana". Finalmente, os *inselbergs* situados sobre outra superfície, "Pós-Gondwana", e as cristas mais elevadas de quartzito, referem-se à superfície "Gondwana" (Figura 9-A). Os depósitos coluvionares

diamantíferos, conhecidos como "gorgulhos" pelos garimpeiros, recobrem os ciclos de aplainamento Velhas e Gondwana.

Na área de Grão Mogol (Figura 9-B), a Serra do Espinhaço apresenta certas peculiaridades decorrentes de seu afinamento para cerca de 7-8 km, em contraste com as larguras de 50-60 km verificadas na região de Diamantina. As partes aplainadas mais altas da serra (1200-1300 m) formaram-se em conseqüência do Ciclo Pós-Gondwana. A superfície em torno de 1000 m (Sul-Americana) está amplamente desenvolvida a leste da serra, sobre as rochas do Grupo Macaúbas, mas ocorre também em áreas restritas sobre o Supergrupo Espinhaço, onde chega a formar delgadas cascalheiras cimentadas por laterita que são garimpadas para diamantes. Depósitos coluviais, também pouco espessos (30-50 cm), desenvolvem-se entre 900-850 m, sendo típicos na localidade conhecida como Casas Populares, onde está o maior garimpo da atualidade na área. Nesta região tais depósitos são provavelmente relacionados ao Ciclo Velhas.

A Serra do Cabral constitui um "apêndice" do Espinhaço, dele separado a cerca de 25 km para oeste. Nesta região podem ser reconhecidos três compartimentos principais com altitudes distintas (Figura 9-C): (1) planaltos dissecados e chapadas, 1000-900 m; (2) baixadas coluvionares, 650-600 m; e (3) planícies aluvionares, 600-500 m. Este modelado geral é essencialmente devido às feições de dobramento que conferiram uma estrutura braquianticlinória à porção serrana truncada pela erosão. A importância da morfogênese do relevo no controle dos depósitos diamantíferos da borda norte da Serra do Cabral foi recentemente destacada por Chaves *et al.* (1994) e Karfunkel & Chaves (1994,1995), sendo alvo de descrições detalhadas no Capítulo 6.

As partes mais elevadas da Serra do Cabral (1000-900 m) representam os restos de chapadas, modeladas sobre ortoconglomerados cretácicos, truncados no topo pela superfície de erosão Sul Americana. A amplitude regional desta superfície é comprovada por morros testemunhos com restos de conglomerados ocorrendo também nas partes altas das serras da Água Fria e Piedade ou do Anil (a oeste), e da Serrinha (a leste, próximo de Buenópolis). As baixadas coluvionares são também importantes pois controlam a presença de rochas fanglomeráticas, depositadas como leques aluviais a partir do soerguimento serrano no Cenozóico. Chaves *et al.* (1994) associaram a estas rochas os depósitos diamantíferos secundários das áreas de Jequitaí e Francisco Dumont, nas bordas norte e nordeste da Serra do Cabral.

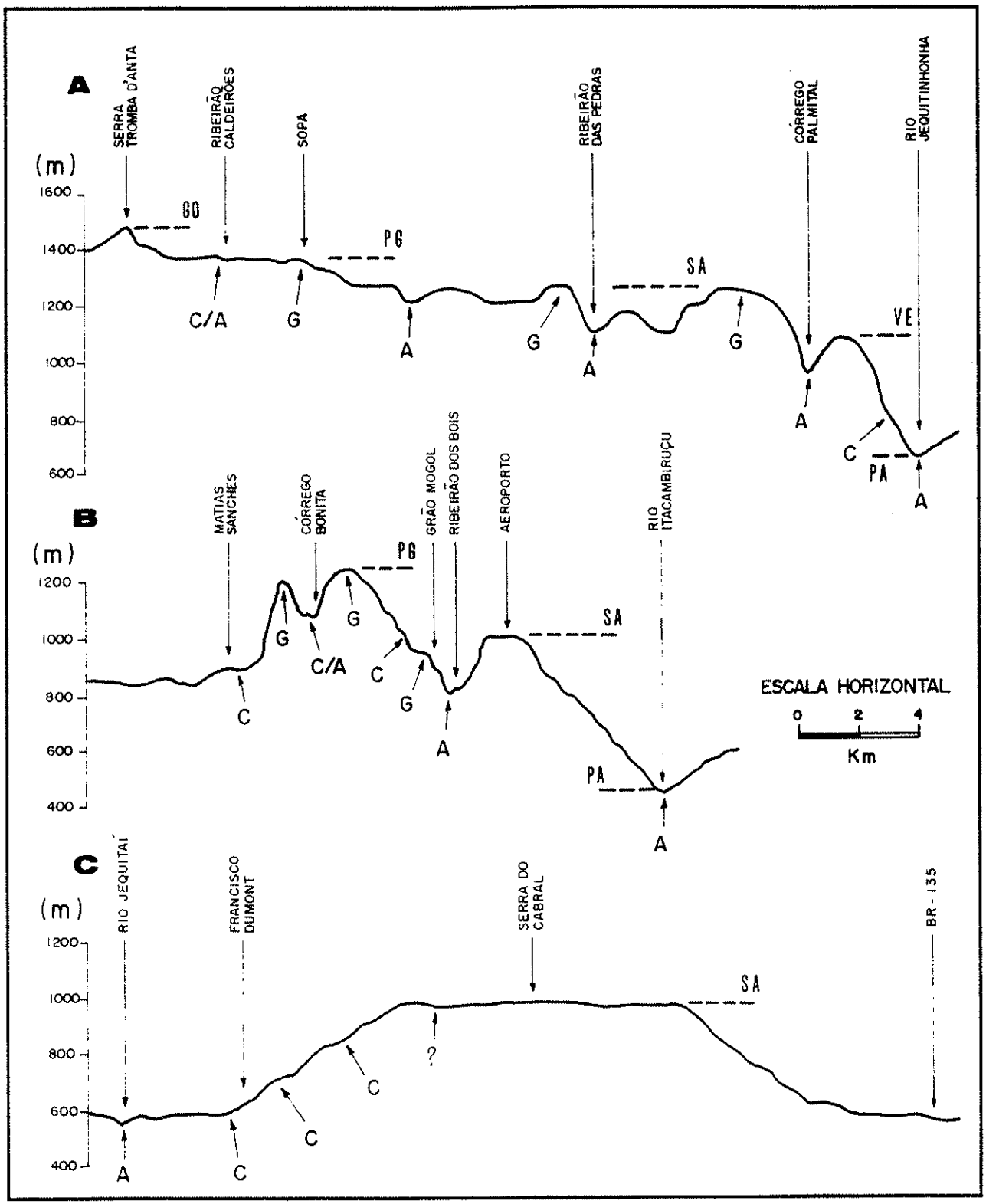


Figura 9: Perfis geomorfológicos e ciclos de aplainamento na Serra do Espinhaço em suas porções meridional (A), central (B), e na Serra do Cabral (C), mostrando os principais tipos de depósitos diamantíferos associados: G=Conglomerados proterozóicos das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol; C=Coluviões; A= Aluviões. Superfícies de aplainamento: PA=Paraguaçu, VE=Velhas, SA=Sul Americana, PG=Pós-Gondwana, GO=Gondwana.

4. DISTRITO DIAMANTÍFERO DE DIAMANTINA

Situado na porção central da Serra do Espinhaço Meridional, o Distrito de Diamantina envolve uma área com cerca de 5000 km^2 abrangendo os municípios de Diamantina, Datas, Gouveia, Conceição do Mato Dentro, Couto Magalhães de Minas, Serro e Presidente Kubitschek. É o principal distrito no âmbito da Província do Espinhaço, do qual foram extraídos cerca de 30-40 % de todos os diamantes já produzidos no Brasil, significando algo em torno de 30.000.000 de quilates (Karfunkel *et al.* 1994). Foi nesta região onde primeiramente descobriu-se o diamante no país, por volta de 1715, produzindo sem interrupções desde aquela época.

4.1. GEOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO AREAL DA FORMAÇÃO SOPA BRUMADINHO

A região abrangida pelo Distrito Diamantífero de Diamantina foi levantada geologicamente nos últimos 20 anos na escala de 1:25.000, por integrantes do Centro de Geologia Eschwege, incluindo o autor deste estudo. De modo a aproveitar esse conhecimento pré-adquirido, realizou-se a integração dos dados disponíveis ressaltando a distribuição da Formação Sopa Brumadinho (Figura 10), tendo assim como base os mais recentes trabalhos estratigráficos regionais e de semi-detalhe (Capistrano & Nogueira Neto 1980, Almeida-Abreu 1981, Alvarenga 1982, Fogaça & Schöll 1984, Uhlein 1984, Chaves *et al.* 1985, Chaves 1987, Almeida-Abreu *et al.* 1987, entre diversos outros). As rochas desta formação constituem sem dúvida a principal fonte dos diamantes aluvionares da região de Diamantina, embora Chaves *et al.* (1993) tenham observado que existem diversos córregos na porção serrana do Espinhaço que são diamantíferos mas que não cortam a referida unidade.

Na área compreendida entre as localidades de Sopa e Guinda, a oeste da cidade de Diamantina, ocorrem as melhores exposições contínuas do Grupo Diamantina, sendo também onde melhor podem ser observadas as relações entre as suas formações. Outras áreas importantes de afloramento dos conglomerados diamantíferos, nas quais porém a seqüência do Grupo Diamantina é incompleta, situam-se nas proximidades da cidade de Datas e dos vilarejos de São João da Chapada e Extração. De maneira geral, as formações basais do Supergrupo Espinhaço possuem maior expressão na porção central da Serra do Espinhaço. Na borda leste da serra, uma sucessão de falhamentos inversos, paralelos e de direção norte-sul, fazem repetir continuamente a Formação Sopa Brumadinho, mascarando desta forma sua relação com as demais unidades.

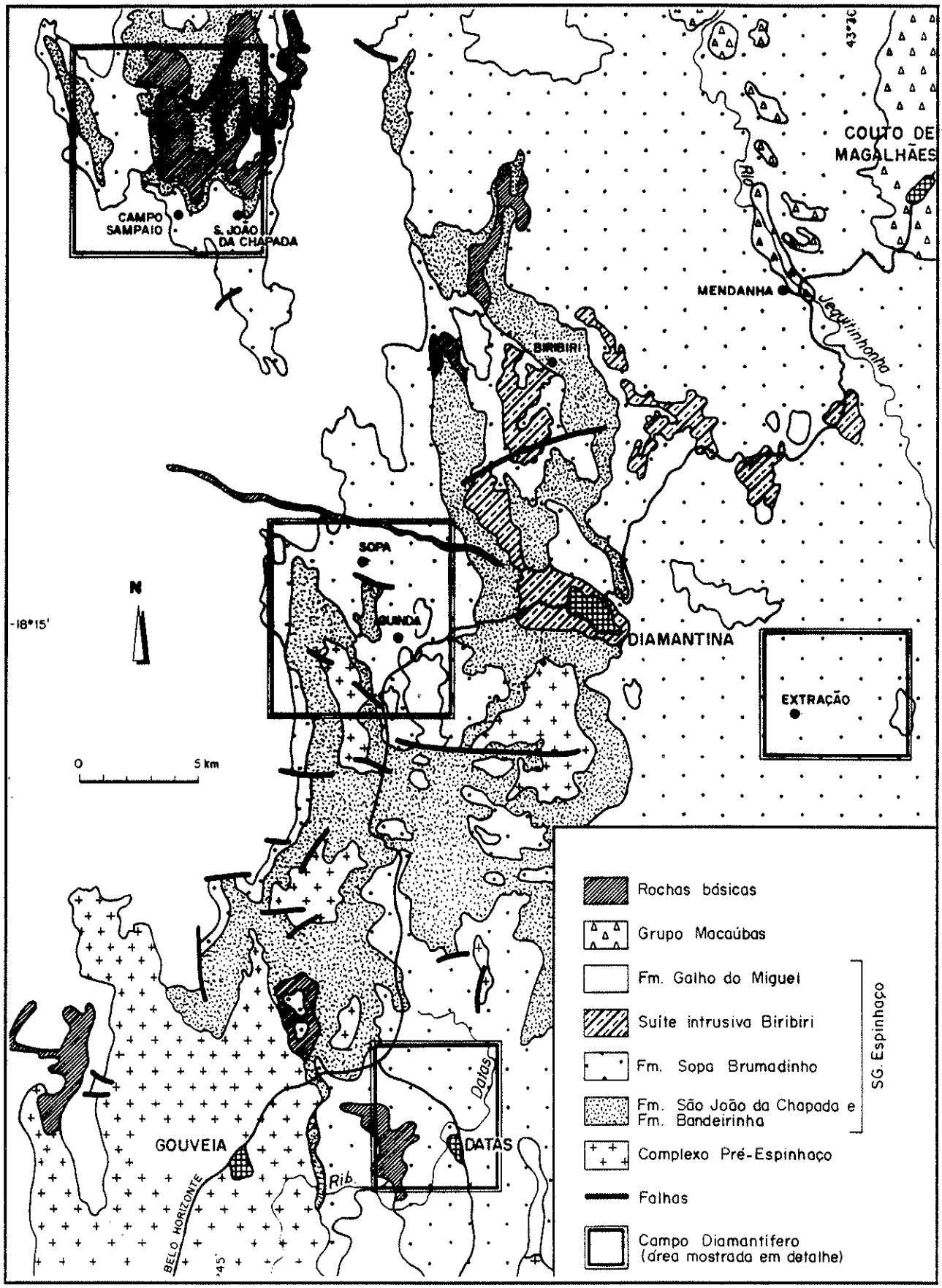


Figura 10: Geologia do Distrito Diamantífero de Diamantina, destacando as áreas detalhadas.

Três principais conjuntos litoestratigráficos afloram na área: o Embasamento Pré-Espinhaço (Arqueano), a porção basal do Supergrupo Espinhaço, ou seja, o Grupo Diamantina (Mesoproterozóico), e o Grupo Macaúbas (Neoproterozóico). O Embasamento Pré-Espinhaço, não dividido neste trabalho, ocorre em uma área rebaixada, ao sul do distrito, com as principais exposições estando nos arredores da cidade de Gouveia. Na área do Distrito de Diamantina, é formado de rochas granitóides grosseiras, com feldspatos alcalinos centimétricos e discreta foliação dada pela biotita. É freqüente a ocorrência de protomilonitos, milonito gnaisses e xistos miloníticos em faixas ou "lentes" irregulares, principalmente nas zonas de borda próximas ao Supergrupo Espinhaço.

O Supergrupo Espinhaço é representado por espessas seqüências arenosas, com intercalações de rochas conglomeráticas e filíticas (Grupo Diamantina), metamorfizadas no fácies xisto verde baixo, permitindo assim na maioria das localidades a preservação das estruturas sedimentares originais (Dossin *et al.* 1990). O Grupo Macaúbas, do Supergrupo São Francisco, ocorre sobreposto em discordância erosiva, constituindo-se de metadiamictitos de origem glacial (Karfunkel & Hoppe 1988). Esta unidade aparece em pequenas porções isoladas no bordo nordeste da área, embutida nas zonas axiais de estruturas sinformes apertadas (Figura 10).

Na porção central da área, destaca-se o Supergrupo Espinhaço, com suas formações basais Bandeirinha e São João da Chapada (indiferenciadas no mapa). A primeira apresenta conglomerados e brechas na base, os quais gradam para quartzitos vermelhos do tipo *red beds* no topo (Dossin *et al.* 1990, Almeida-Abreu 1993, Silva 1995). A Formação São João da Chapada constitui-se na maior parte de quartzitos finos a médios, localmente conglomeráticos, atribuídos às porções distais de sistemas fluviais entrelaçados, com retrabalhamento marinho em áreas restritas (Garcia & Uhlein 1987, Martins Neto 1993). Apesar de normalmente as rochas conglomeráticas destas seqüências não serem consideradas como diamantíferas, na localidade conhecida como Fazenda Rapadura, ao sul de Diamantina, verificou-se serviços de garimpagem sobre elas, com resultados desconhecidos.

A Formação Sopa Brumadinho regionalmente caracteriza-se por rápidas variações faciológicas laterais e verticais, que indicam mudanças enérgicas nas condições paleoambientais de deposição dos seus litotipos (Pflug 1965a,b, Chaves *et al.* 1985). Afloram na base da unidade, localmente, rochas metapelíticas provavelmente de origem lacustre recentemente detalhadas por Almeida-Abreu (1993). Estas rochas são recobertas por possantes pacotes metarenítico, na maioria das vezes de granulometria grossa, típicos de depósitos continentais fluviais entrelaçados (Garcia & Uhlein 1987). Pertencem a esta associação faciológica os conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho.

O topo da seqüência é formado por depósitos que representam uma transgressão marinha, aparecendo muitos conglomerados com amplo retrabalhamento por ondas. São típicos desta fase deposicional, sedimentos pelíticos intercalados com brechas e paraconglomerados (depósitos do tipo *debris flow),* constituindo o Membro Campo Sampaio (Fogaça & Almeida-Abreu 1982). Completando o ciclo deposicional que define o Grupo Diamantina, metarenitos eólicos da Formação Galho do Miguel recobrem em discordância erosiva regional todas as unidades anteriormente descritas, aparecendo com maior expressão a oeste do distrito (Figura 10).

Corpos de rochas metamagmáticas, fortemente foliados e de possível natureza original ultrabásica alcalina (Herrgesell 1984,1985), afloram generalizadamente por todo o distrito, seccionando na forma de diques e/ou *sills* as formações Bandeirinha, São João da Chapada e Sopa Brumadinho. Os assim conhecidos "filitos hematíticos" possuem as mais extensas áreas de ocorrência nos arredores do povoado de Biribiri, a norte e nordeste de Diamantina, onde foram designados de "Suíte Intrusiva Biribiri" por Chaves (1987). No presente texto, incorporam-se também a esta unidade os filitos verdes que ocorrem no perímetro urbano da própria cidade. Estas rochas são as principais encaixantes dos veios de quartzo auríferos já extensamente lavrados na região.

Os filitos hematíticos revestem-se de importância para a geologia do diamante do Espinhaço, pois essas rochas já foram mencionadas por diversas vezes como a "possível" rocha fonte do mineral na região (Moraes & Guimarães 1930, Barbosa 1951, Herrgesell 1984,1985). Recentemente, a geoquímica dos filitos hematíticos foi objeto de estudos detalhados por Dussin (1994), então designados de *Fe-rich metavolcanics.* Os resultados indicaram altos conteúdos de K_2O (4,5 a 9,2 %), TiO_2 (4,0 a 6,7 %), Al_2O_3 (18,5 a 23,8 %), FeO (16,8 a 37,0 %) e baixos conteúdos de SiO_2 (28,3 a 40,7 %), Na_2O (0,1 a 1,5 %), CaO (<1,7 %) e MgO (traços a 8,5 %), conforme pode ser observado na Tabela 2. Entre os elementos traços de menor mobilidade, destacam-se zircônio, ítrio, nióbio e Terras Raras. Esses dados confirmaram os estudos anteriores de Herrgesell (1984) a respeito de um provável protólito de afinidade alcalina, porém não trouxeram nenhuma evidência adicional sobre uma possível relação entre tais rochas e o diamante do Espinhaço.

Além dos filitos hematíticos, que tiveram o seu *emplacement* nitidamente relacionado com a porção basal do Supergrupo Espinhaço, ocorrem também no distrito outras rochas de natureza metabásica, as quais cortam regionalmente todas as unidades aflorantes ao longo da serra. Estas rochas apresentam-se na forma de estreitos diques preenchendo fraturamentos em torno de E-W, conforme observado ao norte de Sopa, ou como largos *sills*, característicos das proximidades de São João da Chapada, Gouveia e Datas (Figura 10).

Tabela 2: Dados analíticos por fluorescência de raios X dos filitos hematíticos da região de Diamantina (*Fe-rich metavolcanics*, segundo Dussin 1994).

Amostra	FH.037	FH.030	FH.013	FH.012	FH.011	FH.232	FH.135	FH.122	FH.141	FH.156	FH.188	FH.065
SiO2 %	35,00	38,28	35,10	36,60	31,60	32,40	40,70	28,60	33,00	32,10	36,20	36,60
TiO2	5,60	5,29	5,30	5,80	6,00	5,00	4,80	6,30	5,40	5,30	6,00	5,00
Al2O3	20,70	24,83	22,00	22,00	19,30	20,40	21,40	23,40	23,90	19,70	21,30	21,80
FeO	23,37	16,78	23,94	20,94	30,21	20,30	20,20	29,40	23,20	27,50	26,01	21,30
MnO	0,01	-	0,02	0,01	0,02	0,29	0,06	n.d.	0,03	0,06	0,04	0,06
MgO	1,30	1,41	1,00	1,30	2,20	8,50	0,43	n.d.	1,10	1,80	1,10	1,50
CaO	0,20	-	0,20	0,10	0,30	1,70	0,80	0,10	0,20	0,10	Traços	0,20
Na2O	0,16	0,19	0,16	0,12	0,19	0,06	0,45	1,48	0,26	0,14	0,33	0,15
K2O	9,19	8,91	8,60	8,67	7,15	3,83	6,50	4,51	8,60	7,52	5,36	9,09
P2O5	0,10	0,10	0,31	0,13	0,08	1,10	0,72	0,30	0,09	0,14	0,11	0,26
P.F.	3,55	4,04	3,61	3,75	3,22	6,31	3,37	3,95	3,86	3,62	3,17	3,98
Total	99,18	99,83	100,24	99,42	100,27	99,89	99,43	98,04	99,64	97,98	99,62	99,94
Ba ppm	332	166	450	580	400	1090	510	1160	1980	840	1900	1720
Rb	-	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	31	32	85	83	75	60	74	107	27	51	77	41
V	168	147	152	148	172	152	188	156	246	142	158	240
Zr	510	436	460	520	420	420	510	570	570	420	760	460
Cr	22	23	38	16	16	55	68	12	12	28	25	92
Co	-	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	64	62	40	32	72	92	50	18	72	28	68	78
Cu	n.d.	8	n.d.	n.d.	n.d.	51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	n.d.	41	n.d.	n.d.	n.d.	230	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ga	32	28	34	35	38	31	32	32	36	28	40	34
Sc	46	33	40	44	44	32	38	54	54	36	50	48
Nb	40	37	46	44	44	54	39	35	42	25	25	31
Y	28	19	40	51	51	62	64	59	49	23	47	39
Th	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	296	-	250	265	110	425	815	270	310	230	37	270
	(- não analisado; n.d. não detectado)											
Amostra	FH.083	FH.078	FH.152d	FH.152f	FH.152c	FH.152i	FH.010	FH.094	FH.057	FH.058	FH.097	FH.199
SiO2 %	32,90	31,10	36,28	38,50	37,81	39,00	28,30	31,50	34,59	31,80	31,20	38,03
TiO2	4,80	5,70	4,14	4,33	4,30	4,33	4,80	5,00	4,84	6,10	6,70	5,82
Al2O3	22,40	22,40	19,42	20,92	20,92	21,01	18,50	21,90	20,35	21,90	23,80	22,51
FeO	25,94	28,46	24,96	17,43	21,76	19,82	37,05	28,57	28,22	25,20	24,60	18,84
MnO	0,04	0,02	0,04	0,07	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	Traços
MgO	0,64	0,54	2,31	3,65	2,33	2,62	0,82	0,63	1,82	0,83	0,40	1,92
CaO	0,20	0,20	Traços	0,96	Traços	Traços	0,20	0,20	Traços	0,20	n.d.	Traços
Na2O	0,37	0,31	0,04	0,08	0,06	0,04	0,26	0,34	0,08	0,22	0,53	0,05
K2O	8,30	7,82	8,41	9,00	8,75	9,00	6,75	7,64	8,08	7,49	6,70	8,78
P2O5	0,12	0,14	0,17	0,79	0,15	0,13	0,06	0,16	0,17	0,06	0,24	0,15
P.F.	3,78	3,49	3,40	3,92	3,50	3,65	3,09	3,69	3,50	4,08	3,78	3,80
Total	99,49	100,18	99,17	99,65	99,62	99,65	99,87	99,65	99,87	97,92	97,98	99,70
Ba ppm	1210	2220	974	1472	1746	1507	560	1610	1054	1570	1540	1119
Rb	-	-	123	99	107	121	-	-	142	-	-	146
Sr	39	63	95	82	49	24	74	50	93	50	63	70
V	168	212	137	148	149	209	232	156	156	184	188	142
Zr	380	500	360	391	382	387	400	380	404	660	616	441
Cr	22	19	65	49	58	51	38	28	23	10	10	26
Co	-	-	n.d.	68	28	41	-	-	16	-	-	n.d.
Ni	40	74	47	76	63	91	102	52	40	18	30	46
Cu	n.d.	n.d.	16	8	17	17	n.d.	n.d.	74	n.d.	n.d.	25
Zn	n.d.	n.d.	49	189	51	61	n.d.	n.d.	31	n.d.	n.d.	6
Ga	36	41	38	36	38	35	40	40	14	41	42	35
Sc	38	52	30	26	41	33	40	44	40	50	52	39
Ni	35	42	32	26	34	33	31	40	38	49	53	57
Y	38	40	69	71	30	32	28	44	65	54	79	46
Th	-	-	10	10	9	5	-	-	5	-	-	8
F	250	160	-	-	-	-	265	195	-	325	290	-

Em toda a Província Diamantífera do Espinhaço, não existem registros de kimberlitos ou de lavas ultrabásicas alcalinas, tornando o problema de origem do diamante mais complexo. Na região de Diamantina, os principais depósitos pré-cambrianos mineralizados são aqueles constituídos pelas rochas conglomeráticas que se intercalam na Formação Sopa Brumadinho, os quais serão detalhados a seguir.

4.2. CONGLOMERADO SOPA

4.2.1. Principais campos diamantíferos

Introduzido com este nome na literatura geológica por Moraes & Guimarães (1930), atualmente são abrangidos pela designação de Conglomerado Sopa vários tipos de rochas conglomeráticas, situados em horizontes estratigráficos distintos. Próximo de Diamantina, onde foi primeiramente descrito, Pflug (1968) incluiu-o em sua Formação Sopa Brumadinho, o que tem sido aceito até o presente. Devido às semelhanças físicas e presença de diamantes, porém, outros conglomerados situados em áreas distantes como em Grão Mogol (Espinhaço Central), ou mesmo na Chapada Diamantina baiana têm sido paralelizados à Formação Sopa Brumadinho.

No presente texto, entende-se o Conglomerado Sopa como uma unidade restrita ao Distrito de Diamantina, possuindo afinidades características em cada um dos quatro principais campos diamantíferos onde ocorre: Sopa-Guinda, São João da Chapada, Extração e Datas (Fotos 1 e 2). Em seu *locus tipicus* o Conglomerado Sopa aflora sobre uma faixa linear com cerca de 100 km de comprimento (N-S), coincidente com a porção axial da cordilheira, explicando assim a notável distribuição aluvionar cenozóica dos depósitos diamantíferos. A altitude dos campos é variável (em ordem decrescente): Sopa-Guinda e São João da Chapada, 1400-1350 m; Datas, 1300-1250 m; e Extração, 1150-1050 m.

Nas áreas citadas, certas afinidades parecem ser comuns nos corpos conglomeráticos: lenticularidade; clastos intraformacionais, a maioria sempre de quartzitos; aspecto caótico e sem estratificação; predomínio do clasto sobre a matriz; clastos na maioria bem arredondados, de tipos rochosos variados e com diâmetro predominante entre 10 e 30 cm. Outros fatores, porém, são variáveis de um campo para outro, como a natureza da matriz, percentual relativo dos clastos, espessura dos corpos e ainda, o teor médio em diamantes.

Na faixa que vai de Guinda, passando por Sopa, Morrinhos e se extendendo até o norte de São João da Chapada, ocorrem outras rochas de aspecto conglomerático,

também portadoras de diamantes e de gênese controversa. Nas áreas de Datas e Extração estas rochas parecem faltar totalmente. Draper (1920,1923) e Moraes & Guimarães (1930) as designaram de "breccias eruptivas", enquanto Kerr *et al.* (1941) as consideraram brechas de natureza sedimentar. Da mesma forma, Pflug (1965b) e Fogaça & Almeida-Abreu (1982), admitiram o caráter sedimentar das "brechas quartzíticas". Chaves *et al.* (1985) e Dossin *et al.* (1985), preferiram considerar estes sedimentos como paraconglomerados brechóides, pois freqüentemente eles também apresentam clastos subarredondados. De maneira semelhante, Almeida-Abreu (1993) designou tais litologias de "diamictitos". Fleischer (1993), retornando aos conceitos de Draper e Moraes & Guimarães (*op.cit.*), caracterizou a matriz das brechas como "tufítica".

Atualmente os principais campos diamantíferos do Distrito de Diamantina encontram-se cartografados na escala 1:25.000 (Chaves & Uhlein 1991). Em posse destes dados, foram efetuadas novas pesquisas visando o conhecimento geológico em maior detalhe do Conglomerado Sopa, buscando-se áreas-chaves, estudos de fácies sedimentares e medidas de paleocorrentes nas seqüências meta-arenosas encaixantes. Outro tema a seguir enfocado diz respeito à mineralogia da matriz dos conglomerados, assunto que em praticamente todos os estudos anteriores foi abrangido de maneira restrita.

Tabela 3: Principais características dos conglomerados diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho no Distrito de Diamantina (modificada de Chaves & Svisero 1993).

CARACTERÍSTICAS DOS CONGLOMERADOS		SOPA-GUINDA	CAMPO SAMPAIO	DATAS	EXTRAÇÃO
Forma dos corpos		lenticular	acanalada	lenticular	lenticular e acanalada
Espessura máxima		12 m	10 m	25 m	130 m (?)
Clastos	Classificação	polimítico	polimítico	polimítico	polimítico
	Selecionamento	mal selecionado	mal selecionado	mal selecionado	mal selecionado
	Tamanho máximo	0,8 m	0,5 m	0,6 m	1,0 m
	Suporte	clasto-sustentado	clasto-sustentado	clasto-sustentado	clasto-sustentado
	Arredondamento	subarredondados	subangulosos	subarredondados	subangulosos
Matriz predominante		arenosa	argilosa	arenosa-argilosa	argilosa

Foto 1: Vista geral de uma área de aforamento do Conglomerado Sopa, notando-se em primeiro plano grandes blocos que restaram de atividades seculares de mineração. Garimpo da Lavrinha, norte do vilarejo de Guinda, Diamantina.

Foto 2: Aspecto geral do conglomerado diamantífero Sopa, polimítico e com predomínio dos clastos sobre a matriz. Porção central da Lavrinha, ao norte de Guinda, Diamantina.

A descrição da geologia dos depósitos conglomeráticos é aqui apresentada com base no estudo integrado envolvendo os quatro principais campos diamantíferos da região de Diamantina. As áreas de Sopa-Guinda e Extração foram escolhidas também para levantamentos detalhados (vide item 4.2.2), principalmente por estarem situadas em um mesmo perfil e possuírem um grau de deformação mais baixo. No Campo de Datas, a deformação é intensa dificultando estudos sedimentológicos, porém aí existe um importante comércio diamantífero, ocorrendo a centralização da produção local em mãos de compradores da própria cidade. Desta maneira, a localidade foi selecionada somente para estudos detalhados sobre a mineralogia do diamante (Capítulo 8).

4.2.1.1. Campo de Sopa-Guinda

Esta área diamantífera, situada a cerca de 10 km a oeste da cidade de Diamantina (Figura 10), é reconhecida como a mais clássica do distrito. Foi nas proximidades do vilarejo de Sopa que Moraes & Guimarães (1930) fizeram as primeiras descrições detalhadas e designaram as rochas conglomeráticas como Formação Sopa. Vários estudos têm tratado recentemente da geologia e dos depósitos diamantíferos desta área e certas constatações que parecem definitivas devem ser realçadas (dados em parte compilados de Chaves & Uhlein 1991):

-o conglomerado aflora em numerosos locais, sempre na forma de lentes pouco espessas (geralmente inferiores a 4 m), porém com extensões que podem alcançar mais de 500 m;

-os volumes de rocha são relativamente baixos, menores que 200.000m^3;

-garimpeiros e pequenas empresas de mineração consideram os teores diamantíferos muito reduzidos, com enriquecimentos locais apenas nos depósitos de colúvio;

A geologia do campo de Sopa-Guinda encontra-se atualmente caracterizada em vários trabalhos, a maioria incluindo levantamentos de semi-detalhe que foram integrados no mapa ora apresentado (Figura 11). Ocorrem na região rochas pertencentes às unidades basais do Supergrupo Espinhaço: formações Bandeirinha, São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel. A Formação Sopa Brumadinho é ainda dividida em três conjuntos distintos, já caracterizados em Schöll & Fogaça (1979) e Dossin *et al.* (1985), mas só recentemente formalizados: membros Datas, Caldeirões e Campo Sampaio (Fogaça & Almeida-Abreu 1982, Almeida-Abreu 1993). Em vista desse conhecimento geral razoável, uma pequena porção da área (em destaque na Figura 11), foi selecionada para estudos sedimentológicos, faciológicos, paleogeográficos e coleta de minerais pesados.

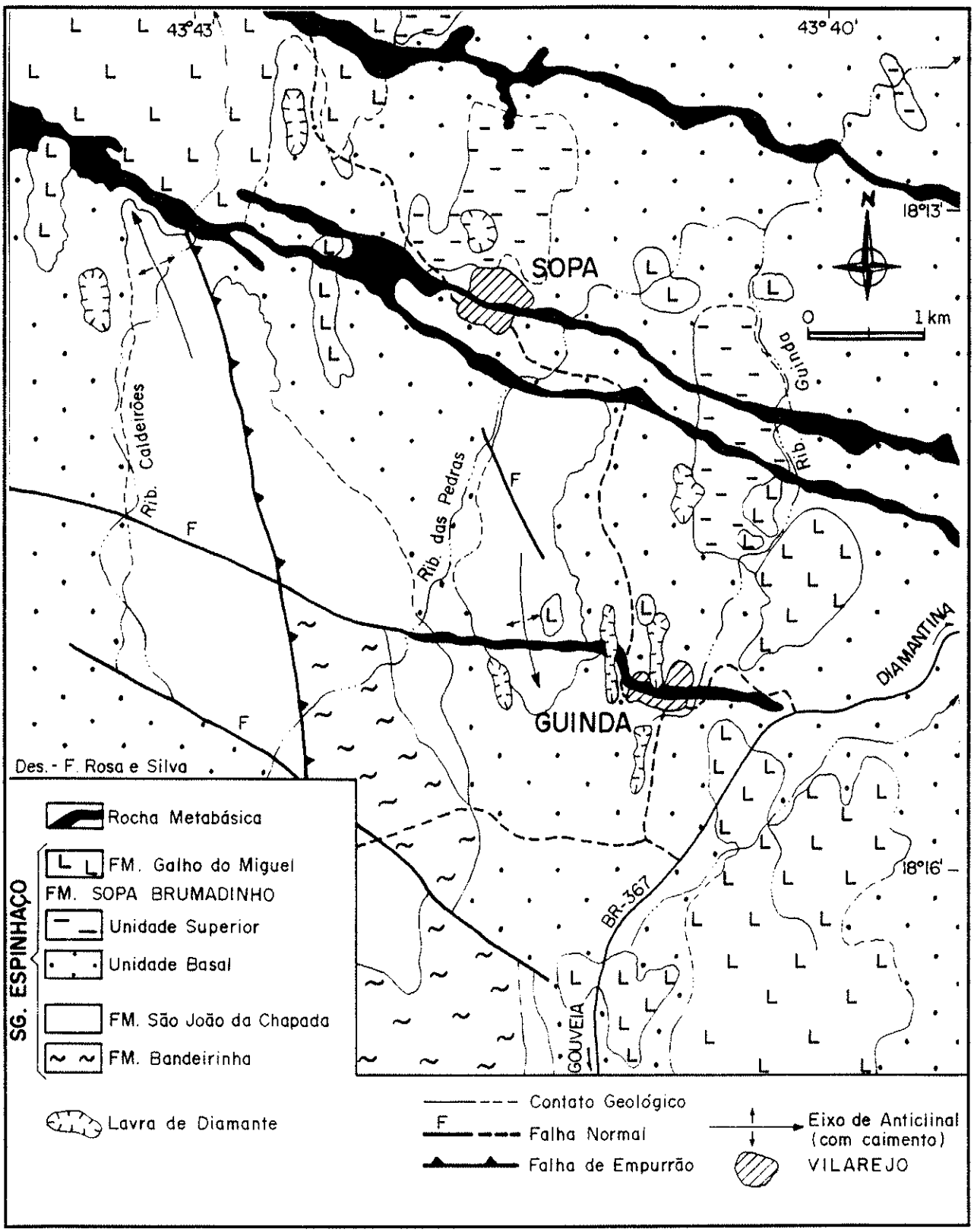


Figura 11: Geologia do Campo Diamantífero de Sopa-Guinda (integrado de Almeida-Abreu & Munhóz 1983, Chaves *et al.* 1985, Dossin *et al.* 1985).

A Formação Bandeirinha aflora em restrita porção ao sul do vilarejo de Guinda, onde é caracterizada por quartzitos róseos a avermelhados, de grão fino e apresentando generalizadamente estratos cruzados de médio porte e alto ângulo. A Formação São João da Chapada recobre em discordância angular e erosiva esses estratos, caracterizando-se principalmente pela presença de quartzitos finos e médios que afloram nas partes centrais da área atingindo 100 m de espessura. Intercalam-se na seqüência níveis decimétricos de filitos cinza-esverdeados, que se tornam mais freqüentes em direção ao topo, associadamente a uma diminuição no tamanho do grão dos quartzitos.

Ocupando grande parte no centro e a leste da região, a Formação Sopa Brumadinho, com cerca de 140 m de espessura, é constituída por uma grande variedade de tipos litológicos. Na base, predominam descontinuamente sericita filitos, grafitosos, os quais são recobertos erosivamente por quartzitos médios a grossos, localmente ferruginosos, com intercalações do Conglomerado Sopa típico, sempre diamantífero. Localmente tal conglomerado ocorre em discordância erosiva sobre quartzitos da mesma seqüência (Foto 3), sendo uma característica desta área a presença de intraclastos de conglomerado (Foto 4). No topo da seqüência ocorrem metassiltitos e quartzitos finos, além de paraconglomerados brechóides de matriz pelítica (Fotos 5 e 6). Essas rochas também possuem diamantes, mas acredita-se que os teores sejam muito baixos para compensarem sua lavra e os garimpeiros raramente a exploram.

A Formação Galho do Miguel distribui-se por toda a área, recobrindo várias das unidades anteriormente descritas e indicando uma discordância erosiva que é observada regionalmente, podendo atingir mais de 200 m de espessura a nordeste de Guinda. É composta por quartzitos finos com estratos cruzados de médio a grande porte e alto ângulo. Cortando esta última e as outras seqüências ocorrem estreitos diques de rochas metabásicas, normalmente muito alteradas, preenchendo fraturas de direção WNW-ESE.

As principais características geológicas do Conglomerado Sopa na área de Sopa-Guinda são apresentadas na Tabela 2. Atualmente, o estudo de fácies sedimentares e os detalhamentos efetuados em várias lavras têm contribuído para o melhor conhecimento da gênese desta rocha. Os primeiros dados neste sentido são devidos a Almeida-Abreu & Munhóz (1983), que observaram a coalescência lateral entre os vários corpos conglomeráticos, então admitidos como marinhos (tipo *fan delta*). Estudos mais recentes têm demonstrado que os depósitos, apesar de coalescentes, possuem vários aspectos que permitem considerá-los como originados em leque aluviais, ou seja, são francamente continentais (Chaves 1987, Garcia & Uhlein 1987, Martins Neto 1989,1993, Almeida-Abreu 1993). Novos dados, apresentados e discutidos ainda neste capítulo (4.2.2), têm corroborado com esta hipótese.

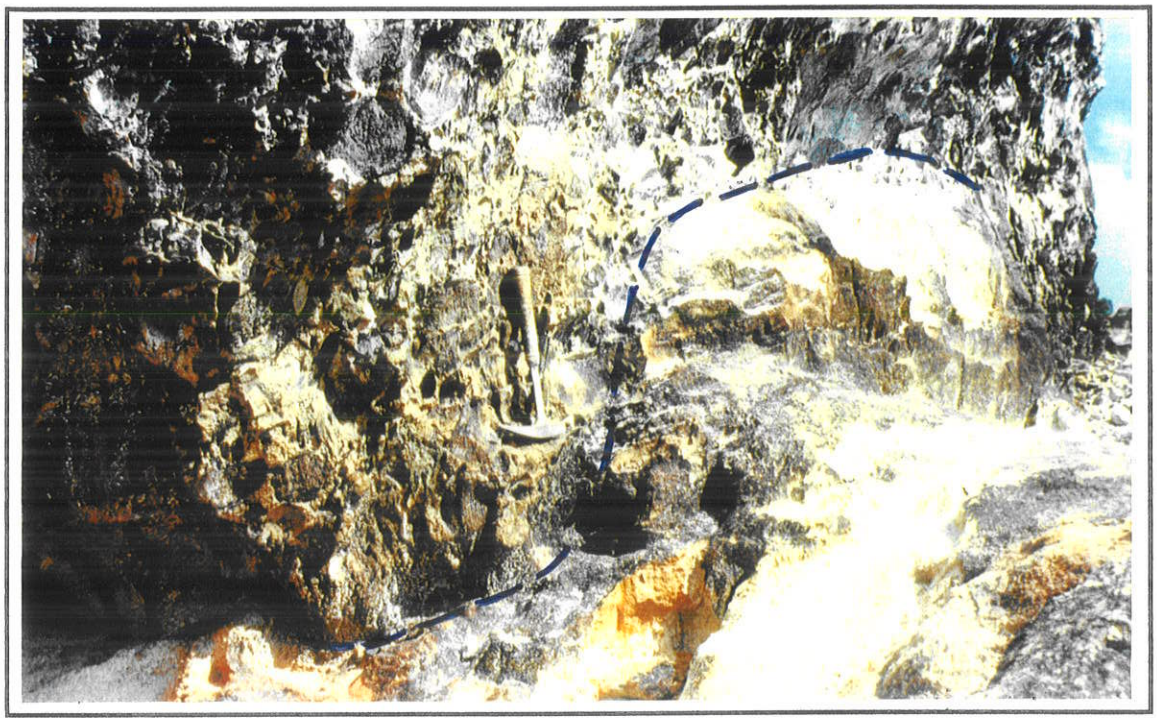


Foto 3: Contato basal discordante do Conglomerado Sopa com quartzitos da Formação Sopa Brumadinho. Garimpo da Lavrinha, Campo de Sopa-Guinda, mesmo local da foto anterior.

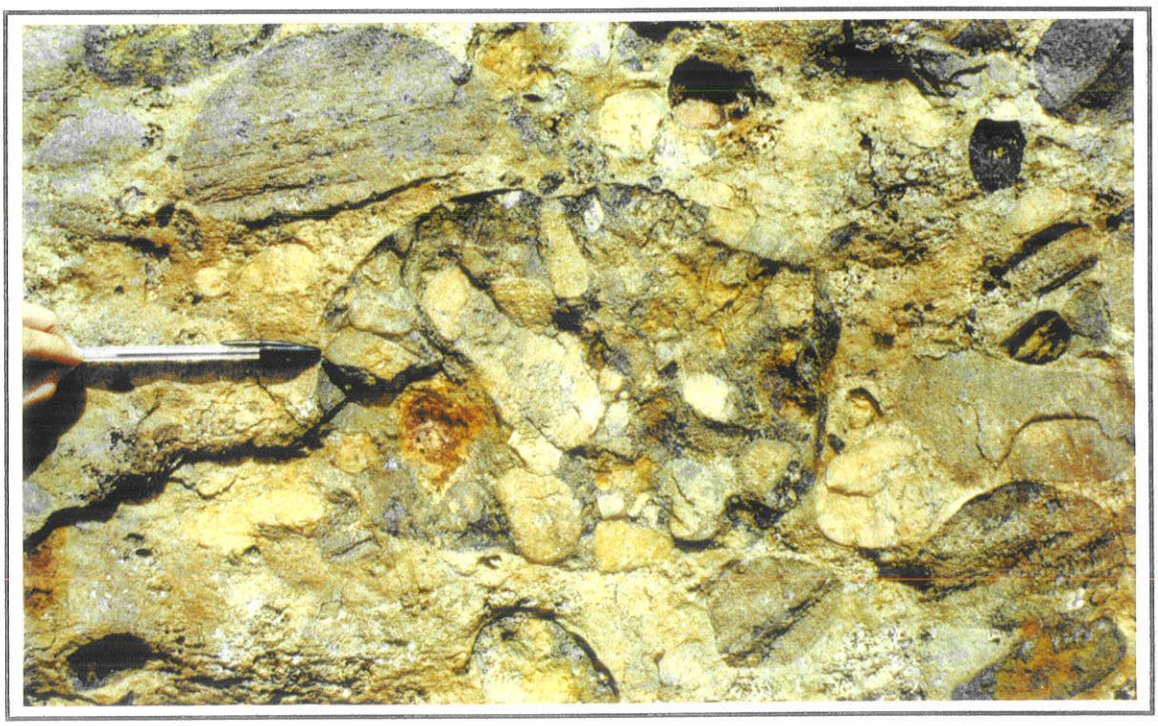


Foto 4: Feição geral dos clastos do Conglomerado Sopa, destacando-se a presença de intraclastos de conglomerado. Garimpo da Lavrinha, mesmo local da foto anterior.

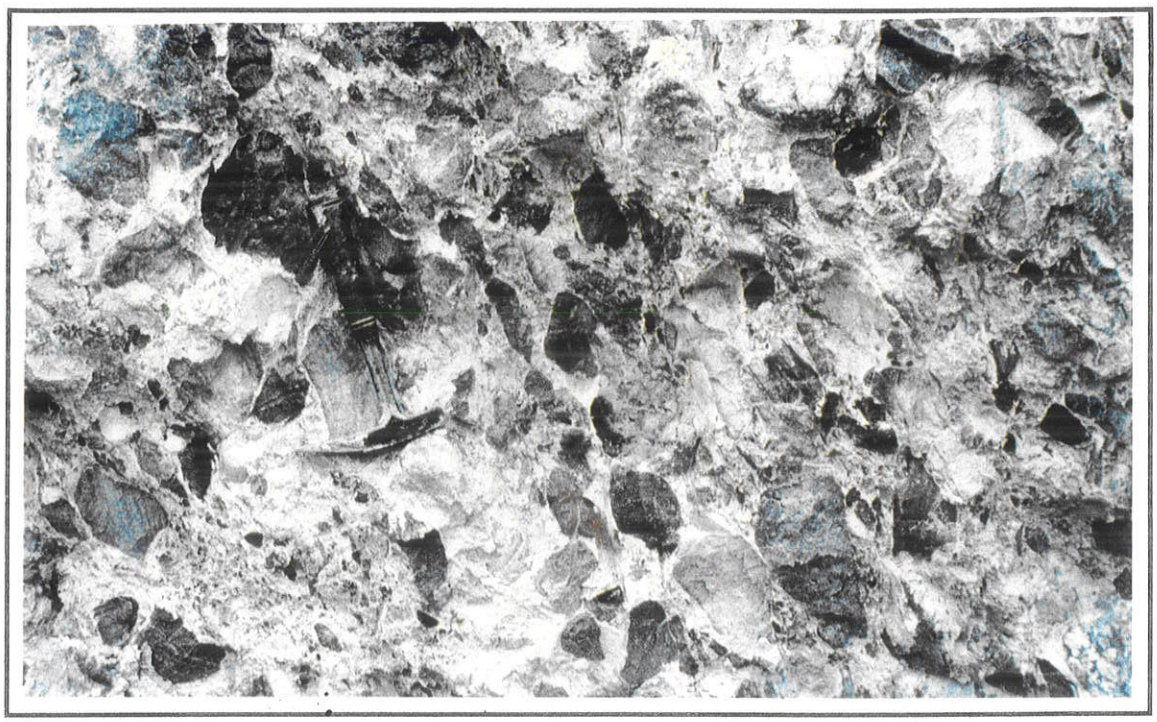


Foto 5: Aspecto geral dos conglomerados brechóides diamantíferos da Formação Sopa Brumadinho, observando-se a predominância de clastos sub-arredondados de quartzito arroxeado. Lavra Brumadinho, Campo de Sopa-Guinda, Diamantina.

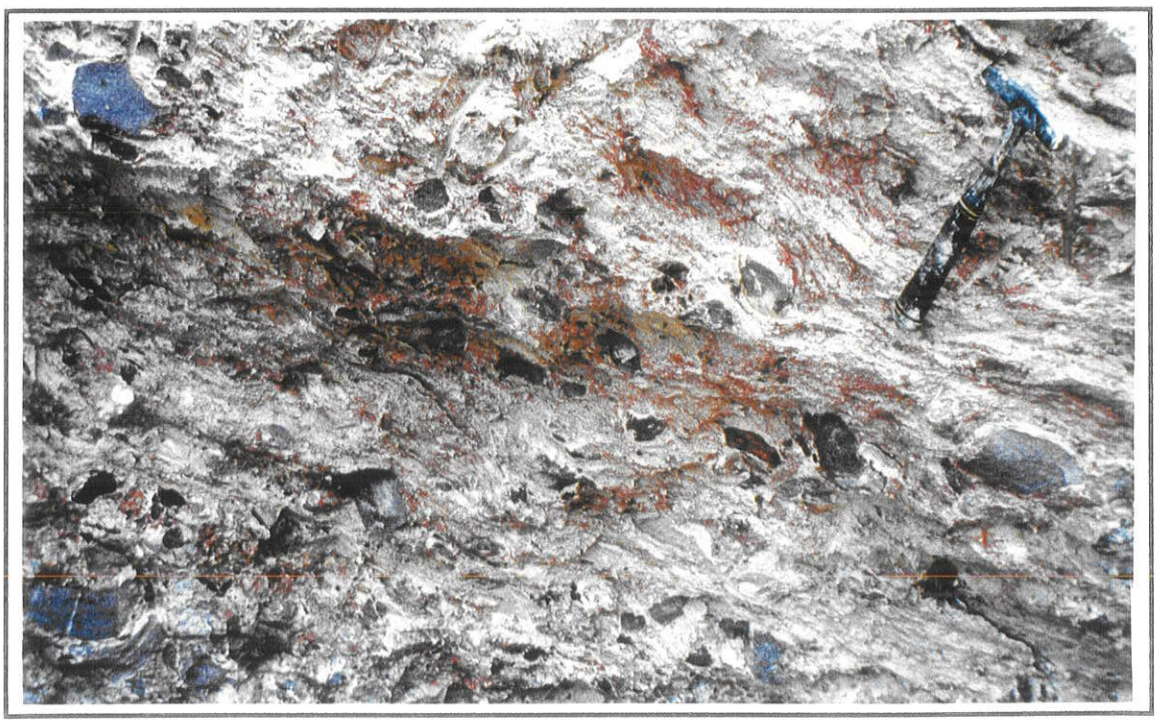


Foto 6: Contato superior gradacional dos conglomerados brechóides com metapelitos da Formação Sopa Brumadinho. Mesmo local da foto anterior.

4.2.1.2. Campo de São João da Chapada

A área diamantífera que se extende do vilarejo de São João da Chapada até a Mina do Campo Sampaio, localiza-se a cerca de 20 km ao noroeste do Campo de Sopa-Guinda, abrangendo o divisor de águas das drenagens que fluem para oeste (Rio Pardo Grande) ou para leste (Rios Pinheiro e Caeté Mirim). Segundo as descrições de Burton (1869), a primeira descoberta de diamantes em uma rocha na região de Diamantina se deu na lavra do Barro, situada logo a oeste de São João da Chapada, onde o depósito diamantífero é um conglomerado brechóide muito decomposto, pertencente à Formação Sopa Brumadinho (Figura 12).

O Supergrupo Espinhaço nesta área é constituído pelas formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel. A ocorrência generalizada de diques e *sills* de rochas metabásicas é uma característica desta porção da Serra do Espinhaço, na maior parte mostrando-se muito intemperizados e formando em sua superfície espessos solos vermelhos argilosos. A geologia das quadrículas (1:25.000) de São João da Chapada e Campo Sampaio foi levantada por pesquisadores do Centro de Geologia Eschwege (Capistrano & Nogueira Neto 1980, Almeida-Abreu 1981), de onde foram extraídos diversos dos dados em seguida relacionados e o mapa integrado, modificado pelo autor, apresentado na Figura 12.

A Formação São João da Chapada, definida por Pflug (1968) nesta região, possui cerca de 100-130 m de espessura, sendo composta por quartzitos puros, de granulometria fina a média, apresentando localmente delgadas intercalações de quartzitos com grânulos e filitos sericíticos. Esta unidade ocorre, na área estudada, em porções descontínuas principalmente ao norte do vilarejo de São João da Chapada, onde aparece nas bordas ou ilhadas no interior das extensas exposições de rochas metabásicas.

A Formação Sopa Brumadinho ocorre em contato gradacional com a seqüência inferior, predominando largamente na região (Figura 12). Nesta seqüência podem ser reconhecidas duas assembléias litofaciológicas distintas (Capistrano & Nogueira Neto 1980). A primeira, com cerca de 60 m de espessura, constitui-se de quartzitos mal selecionados de granulometria média a grossa, localmente ferruginosos, quartzitos conglomeráticos, além de metaconglomerados polimíticos e monomíticos. Nos quartzitos, são comuns estratificações cruzadas acanaladas. Os conglomerados são sustentados pelo grão e podem atingir até 10 m de espessura, com clastos de quartzito de vários tipos, quartzo leitoso e filito, em matriz quartzítica ou filítica, diamantífera. A segunda assembléia, possui entre 15 e 20 m de espessura e resulta das gradações lateral e vertical da anterior, sendo representada por uma alternância de filitos, metassiltitos e quartzitos finos com lentes de metabrechas.

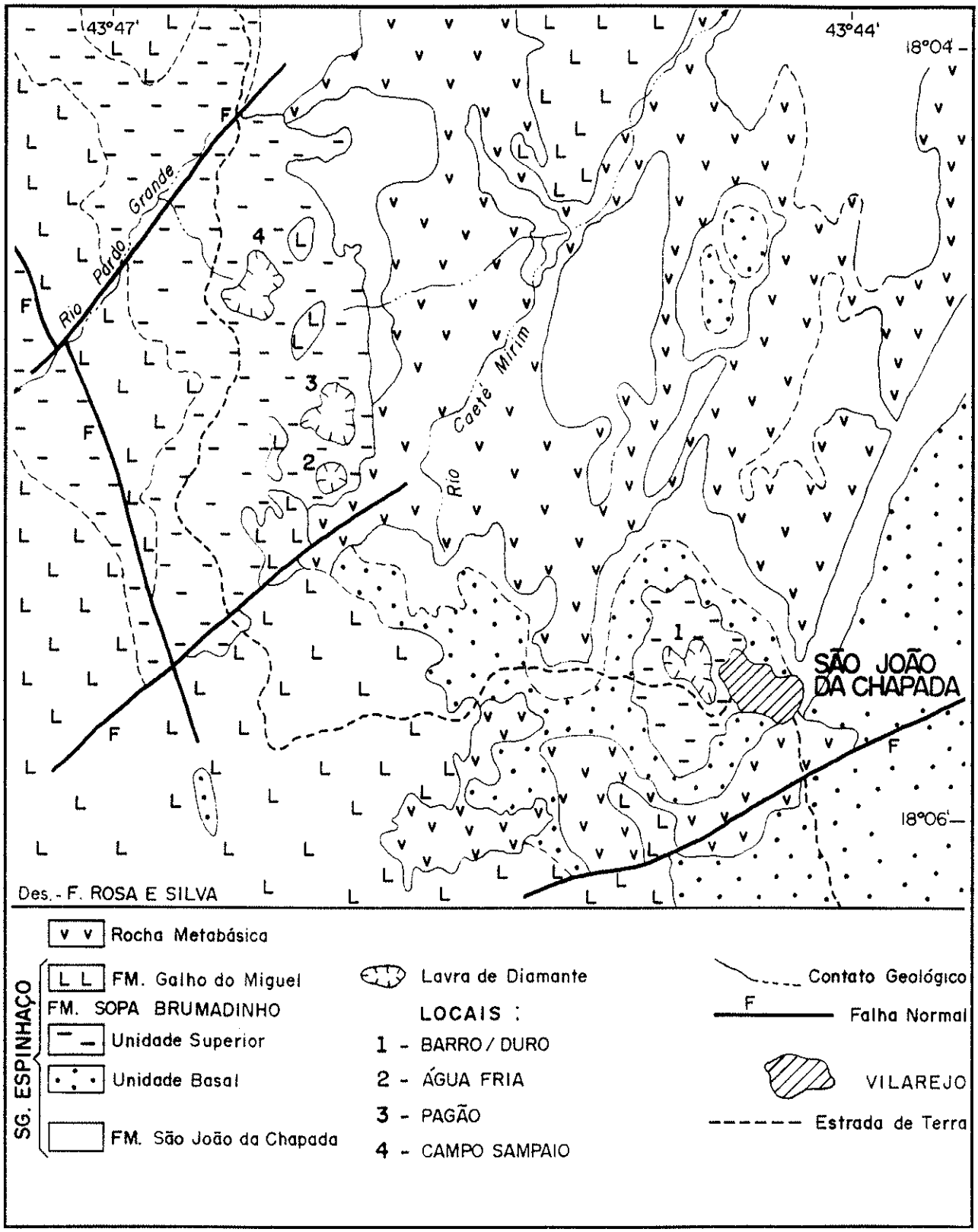


Figura 12: Geologia do Campo Diamantífero de São João da Chapada (integrado de Almeida-Abreu 1981, Capistrano & Nogueira Neto 1980).

Estas últimas podem ser relacionadas ao Membro Campo Sampaio (Fogaça & Almeida-Abreu 1982). As metabrechas presentes são também diamantíferas; nesta área elas provavelmente são mais ricas em diamantes do que no Campo de Sopa-Guinda. Os clastos destas rochas são de quartzitos vermelhos ou arroxeados, variando de angulosos a subarredondados em matriz pelítica ou arenosa fina; clastos de quartzo leitoso, arredondados e não excedendo 5 cm de diâmetro, são observados localmente. Detalhamentos efetuados na Mina do Campo Sampaio, indicaram que a espessura das metabrechas não excede 10 m e que os corpos são lenticulares. As estruturas sedimentares presentes, tais como estratificações cruzadas espinha-de-peixe, interaleitamentos areia/lama (*tidal bedding*), estratificações *flaser* e lenticular, estruturas de carga e laminações convolutas, levaram a considerar para esta unidade um ambiente de sedimentação em planícies de marés (Fogaça & Almeida-Abreu 1982, Garcia & Uhlein 1987). A existência de brechas neste contexto deve indicar o aporte de material migrado de taludes continentais próximos através de corridas de lama (*mud flows*), conforme sugerido por vários autores (Pflug 1965b, Uhlein 1991).

A Formação Galho do Miguel ocorre em contato erosivo com os litotipos pelíticos ou com as metabrechas do Membro Campo Sampaio, aflorando principalmente ao sul e a oeste da região estudada, onde alcança até quase 300 m de espessura (Figura 12). Apresenta em geral quartzitos finos e muito bem selecionados, localmente micáceos, com estratificações cruzadas com *sets* que podem atingir até dezenas de metros de extensão lateral (Capistrano & Nogueira Neto 1980). Essas estruturas permitem indicar que o mesmo ambiente proposto para a Formação Galho do Miguel, na área de Sopa-Guinda (Garcia & Uhlein 1987), parece se extender até o Campo de São João da Chapada.

A Lavra do Campo Sampaio está situada a noroeste da área, sendo, sem dúvidas, o depósito conglomerático que em maior abundância e mais regularmente tem produzido diamantes por no Distrito de Diamantina (Chaves & Uhlein 1991). Neste local dois tipos de rochas mineralizadas estão presentes (Haralyi *et al.* 1991,1992): um conglomerado basal, com clastos de quartzito, quartzito ferruginoso, quartzo e rocha metavulcânica, que é sobreposto por uma metabrecha com clastos angulosos a subarredondados de quartzito vermelho, com eixo maior normalmente inferior a 25 cm. A matriz em ambas as litologias é pelítica, a qual nos conglomerados possui estrutura filítica de coloração cinza prateada ou esverdeada, enquanto nas brechas ela é branca argilosa, maciça.

Haralyi *et al.* (1992) propõem um modelo de evolução geológica para toda a área de São João da Chapada, considerando os conglomerados basais como de origem fluvial preenchendo paleocanais de perfis íngremes direcionados para sul. Lateralmente, para fora dos canais, os conglomerados passariam para metabrechas e conglomerados brechóides, designados de "fanglomerados de borda de talude". Conforme também é

verificado em várias lavras do Campo de Sopa-Guinda, como Brumadinho e Chalé, as rochas brechóides transicionam no topo, com o desaparecimento dos seixos, para filitos bandados os quais por sua vez se intercalam na porção superior da seção com quartzitos finos.

O modelo proposto por Haralyi *et al.* (1992) para o campo de São João da Chapada, concebendo um canal fluvial de maior porte direcionado para sul, foi ainda extendido até a área de Sopa-Guinda. Tal extrapolação, porém, deve ser vista com reservas face aos diversos estudos detalhados ultimamente desenvolvidos nesta última área (além desta Tese, podem ser citados Almeida-Abreu *et al.* 1987, Martins Neto 1989, 1993, Almeida-Abreu 1993, entre outros), que demonstraram ser os corpos conglomeráticos lenticulares, constituindo as seções distais de depósitos de leques aluviais. As metabrechas também representam um problema na interpretação paleogeográfica regional. Elas ocorrem somente ao norte de Guinda e muitas vezes estão em contato direto com o Conglomerado Sopa, de origem continental, como na Lavra do Campo Sampaio. Neste local, Haralyi *et al.* (1991) consideraram as brechas como originadas em borda de taludes, incluindo assim tais depósitos em um contexto continental. A sua gênese, porém, tem sido regionalmente explicada a partir de corridas de lamas (*mudflows*) desde a área continental para um ambiente de planícies de marés (Fogaça & Almeida-Abreu 1982, Garcia & Uhlein 1987, entre outros), o que nos parece mais lógico pela presença de abundante sedimentação pelítica associada, e ainda devido aos teores diferenciados de diamantes contidos na seqüência como um todo, refletindo assim a maior ou menor proximidade do Conglomerado Sopa, o qual forneceu a gema para tais depósitos.

4.2.1.3. Campo de Datas

A cidade de Datas está localizada a 35 km ao sul de Diamantina (Figura 10), constituindo o centro local de uma zona produtora de diamantes onde cerca de 90 % da população dedica-se à atividade garimpeira. O Ribeirão Datas, que corta a área de norte a sul, pode ser considerado como um dos mais ricos de todo o distrito. Poucos estudos referem-se à geologia do Conglomerado Sopa nesta localidade, que foi mapeada em semi-detalhe pelo autor, incluindo ainda posteriores detalhamentos. A principal faixa de ocorrência dessa rocha situa-se a leste da cidade, onde estão as lavras Datas de Cima, Vintém, Ingleses, Surrão e Terra Alta (Figura 13).

Ao contrário do verificado para as áreas diamantíferas de São João da Chapada, Sopa-Guinda e Extração, os depósitos do Campo de Datas nunca foram enfoque de estudos acadêmicos detalhados, não obstante sua grande importância no contexto geológico e também na economia regional. Desta maneira, considera-se aqui o conhecimento

dos conglomerados diamantíferos de Datas como de grande importância na interpretação do arcabouço paleogeográfico regional, assim como o estudo da mineralogia do diamante e de seus minerais acompanhantes nessas rochas é necessário para o entendimento da gênese do diamante no Distrito de Diamantina.

A complexa estruturação local, com dobras fechadas e isoclinais, além de forte estiramento nos seixos dos conglomerados (Uhlein 1984, Egydio da Silva & Uhlein 1985), têm complicado o entendimento do empilhamento estratigráfico original. Nos recentes levantamentos efetuados, ficou demonstrado que a maior parte da área é constituída por várias unidades pertencentes a Formação Sopa Brumadinho, as quais são ainda recobertas em locais restritos pela Formação Galho do Miguel e intrudidas por *sills* de rochas metabásicas.

A Formação Sopa Brumadinho apresenta características diferentes daquelas mostradas nas áreas de São João da Chapada e Sopa-Guinda. Em sua base aflora um conjunto de rochas pelíticas bastante alteradas, designado de "Membro Datas" por Almeida-Abreu (1993). Observou-se ainda intercalações decimétricas de conglomerados sustentados pela matriz argilosa, com seixos arredondados de quartzo, não descritos anteriormente nesta unidade. Em posição estratigráfica superior, ocorre uma seqüência constituída de quartzitos finos a médios, localmente conglomeráticos, onde intercalam-se vários corpos lenticulares do Conglomerado Sopa (Figura 13).

As lentes têm as suas características modificadas em direção a sul. No garimpo do Vintém, situado mais ao norte da área, ocorrem quatro corpos de conglomerado, o maior com 25 m de espessura e cerca de 250 m de extensão (Tabela 3). Nas lavras dos Ingleses e do Surrão existem três corpos, sendo o maior com 10 m de espessura aflorando sobre quase 150 m. No garimpo Terra Alta os corpos conglomeráticos, apenas dois, não ultrapassam 2,5 m de espessura e 80 m de comprimento. O tamanho médio dos clastos também diminui para sul, o inverso ocorrendo em relação à matriz que se modifica de arenosa para argilosa.

No porção superior da Formação Sopa Brumadinho, conforme observado caracteristicamente no Morro da Antena de TV, ao sul da cidade, sobrepondo a seqüência conglomerática ocorrem metassedimentos pelíticos com intercalações de quartzitos finos, muito deformados e alterados, não permitindo maiores observações geológicas. Desta maneira, comparações estratigráficas em relação ao Membro Campo Sampaio, conforme esta unidade foi definida no topo da Formação Sopa Brumadinho na área entre São João da Chapada e Sopa-Guinda, ficam assim prejudicadas.

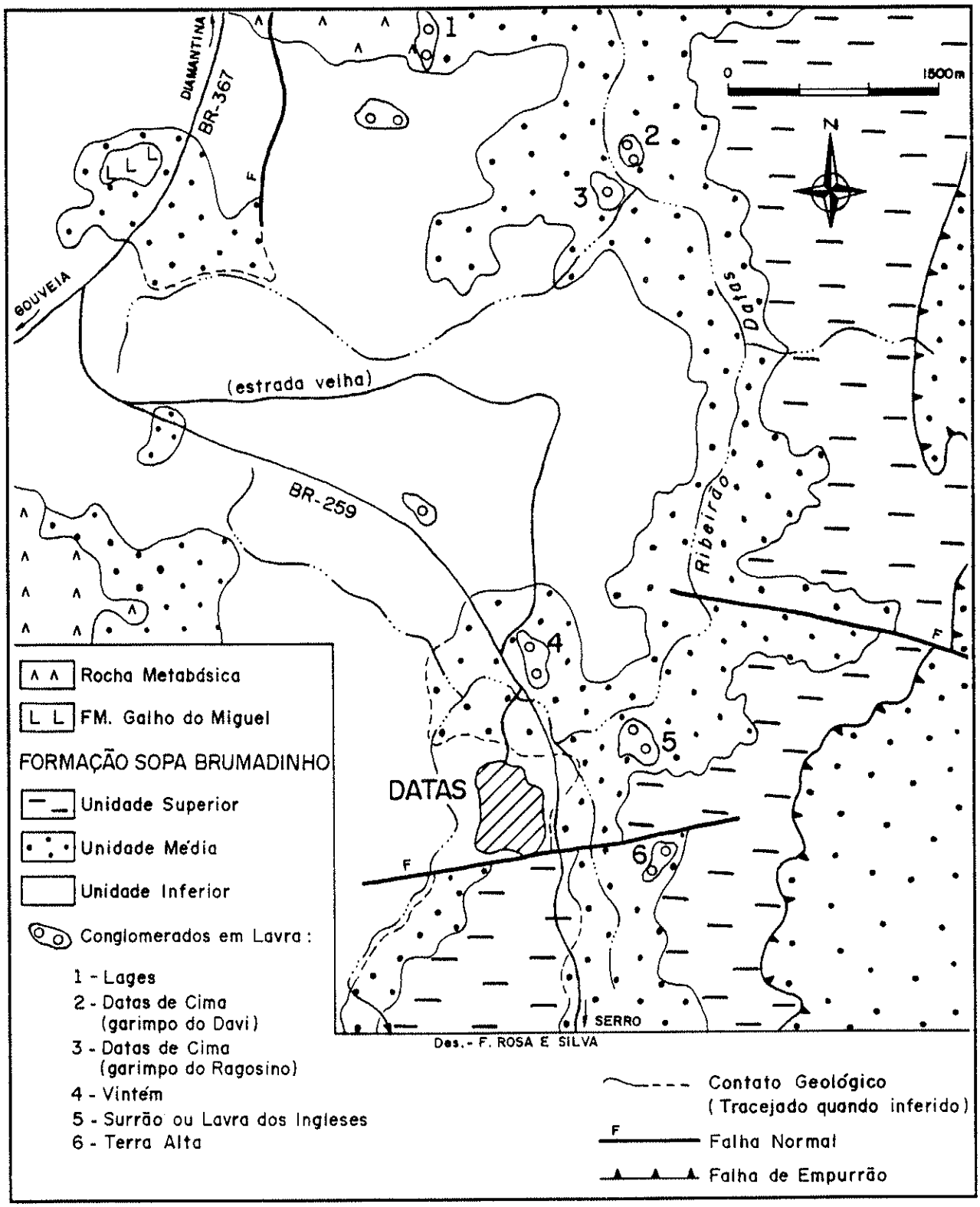


Figura 13: Geologia do Campo Diamantífero de Datas

Até recentemente, a deposição dos corpos conglomeráticos foi sempre atribuída genericamente ao contexto costeiro litorâneo regionalmente proposto para o Supergrupo Espinhaço por Pflug (1965a,b). Apesar da deformação ser muito mais intensa nesta porção do Distrito de Diamantina, desaconselhando estudos sedimentológicos, a partir do reconhecimento de depósitos de leques aluviais distais na área de Sopa-Guinda e de depósitos nitidamente proximais em Extração (descritos a seguir), condições intermediárias de deposição entre essas duas, ou seja, leques medianos, podem ser atribuídas para a área. A área-fonte dos leques, segundo dados de paleocorrentes, estaria a oeste, isto é na região ao norte de Gouveia.

4.2.1.4. Campo de Extração

Situado a cerca de 15 km a leste de Diamantina (Figura 10) este campo caracteriza-se por possuir os maiores volumes de rocha conglomerática, além dos mais altos teores em diamante e por ter produzido os maiores espécimes de todo distrito. O maior deles, pesando 64,4 ct foi encontrado em 1954, em um depósito coluvial a leste da Lavra Serrinha. Pedras com peso superior a 15 ct não são incomuns, várias delas mencionadas em Haralyi & Svisero (1986). Esses fatos determinaram que diversas áreas de afloramento do Conglomerado Sopa já tenham sido lavrados em escala industrial, principalmente durante o presente século.

A Formação Sopa Brumadinho aflora em mais de 90 % da superfície do campo diamantífero (Figura 14). Estudos visando especificamente aspectos litológicos e faciológicos desta formação permitiram sua separação em três subunidades informais, designadas da base para o topo (Alvarenga 1982, Almeida-Abreu & Munhóz 1983): (1) Quartzito Inferior (quartzitos médios com seixos esparsos e lentes de conglomerado); (2) Conglomerados; e (3) Quartzito Superior (quartzitos finos a médios, feldspáticos, com intercalações de microconglomerados arcosianos). A Formação Galho do Miguel ocorre a leste da área, sendo constituída de quartzitos finos e puros, intensamente silicificados. Estreitos diques de rochas metabásicas, muito alterados, além de coberturas lateríticas ferruginosas, complementam o quadro geológico do Campo de Extração.

Observando o mapa geológico da área (Figura 14), evidencia-se que o Conglomerado Sopa constitui um corpo quase único, e que as mais importantes lavras conhecidas são apenas trechos dele onde a mineração ocorreu organizadamente e em maior escala, provavelmente devido à existência local de maior volume de rocha conglomerática. Dados integrados sobre os principais aspectos físicos dos conglomerados nesta área constam na Tabela 3.

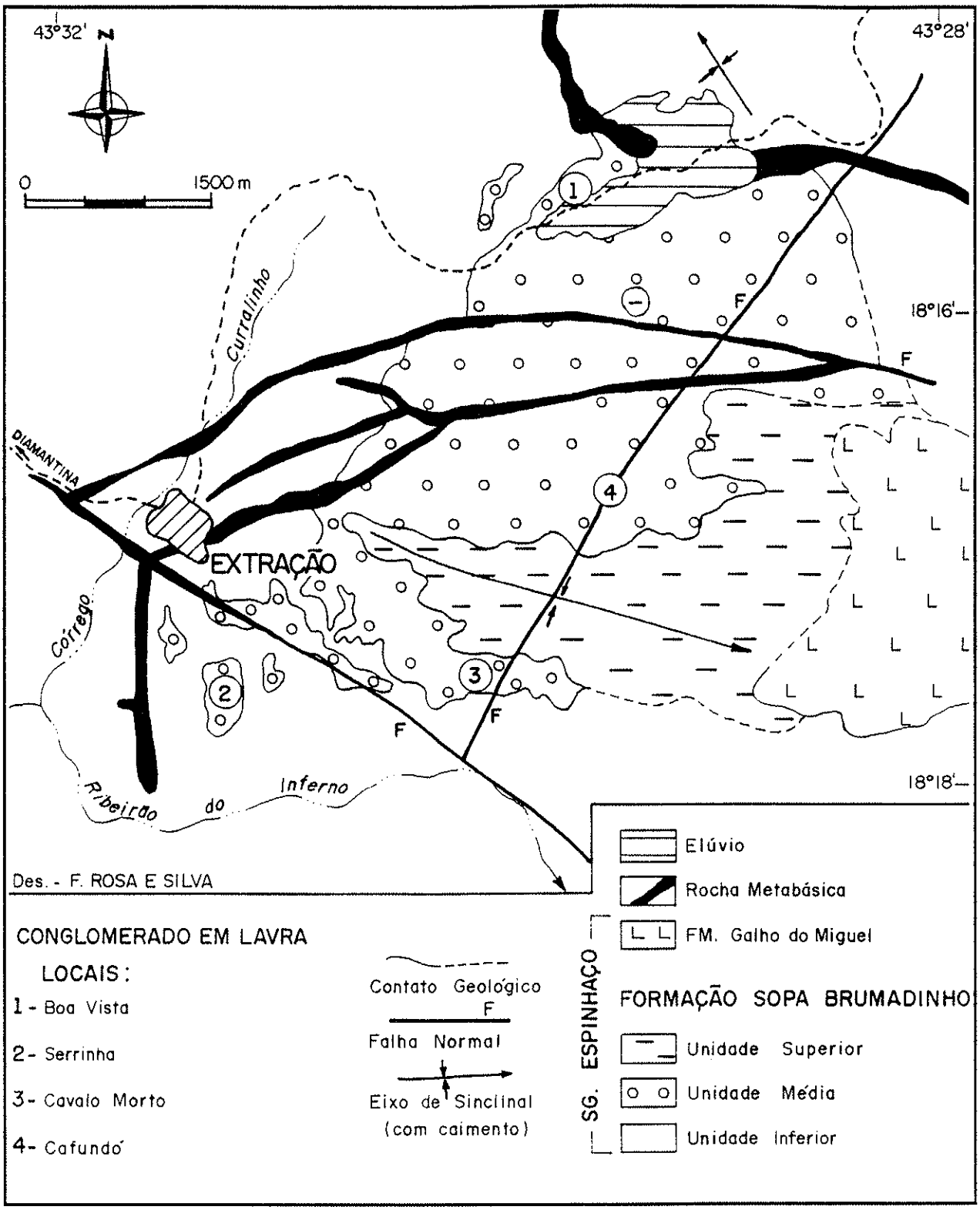


Figura 14: Geologia do Campo Diamantífero de Extração (segundo Alvarenga 1982).

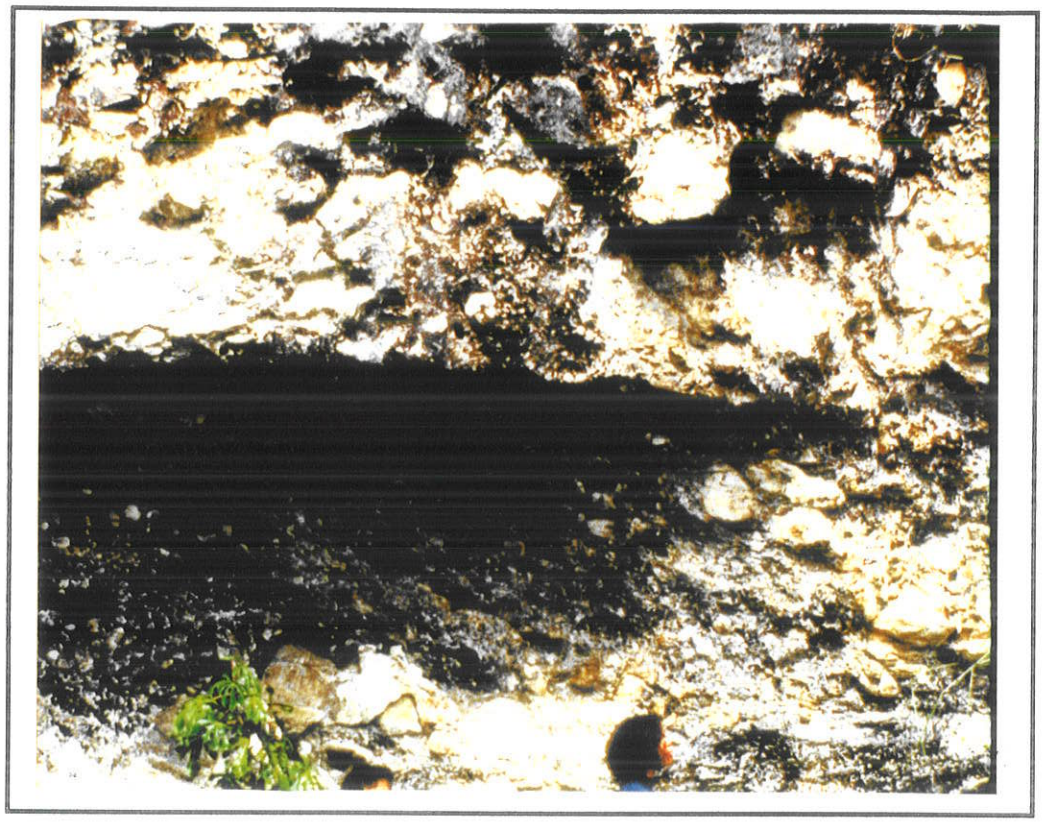


Foto 7: O conglomerado diamantífero Sopa no Campo de Extração, observando-se matacões sub-angulosos de quartzito em sua porção basal. Lavra Boa Vista.

Foto 8: O Conglomerado Sopa no Campo de Extração, observando-se sua porção superior, onde clastos arredondados e sub-arredondados são mais comuns. Lavra Serrinha.

As características gerais apresentadas pelos conglomerados em Extração evidenciam a ocorrência das partes proximais de um sistema de leques aluviais, indicando uma área-fonte possivelmente a oeste. A porção basal dos leques preenche fraturamentos antigos, reativados durante a sedimentação formando localmente paleocanais, observados desde Kerr *et al.* (1941). Alvarenga (1982) ressaltou o comportamento peculiar das rochas conglomeráticas na área, mas como este autor não reconheceu a sedimentação em leques aluviais foi sugerida "uma ampla variação faciológica" em relação aos depósitos que ocorrem no campo de Sopa-Guinda, concluindo assim pela "dificuldade na obtenção de colunas estratigráficas com níveis guia de correlação regional".

Esta tendência de se reconhecerem níveis-guia ou subunidades geológicas distintas, fez com que certos autores classificassem como uma "subunidade conglomerática" (Alvarenga 1982, Almeida-Abreu & Munhóz 1983) a fácies típica do Conglomerado Sopa no Campo de Extração: conglomerados maciços, mal selecionados e caóticos, sustentados pelo grão. Sua espessura alcança localmente até 130 m, possuindo uma seção basal (0-30 m) onde predominam matacões de quartzito, e uma superior, em contato gradacional (8-100 m), constituída por seixos e calhaus de composição variegada. Em ambos os casos a matriz é de quartzo, sericita e feldspatos (microclina e plagioclásio) pouco alterados.

A fácies anteriormente descrita é típica da porção proximal de um leque aluvial e terá suas características sedimentológicas realçadas no próximo item (4.2.2). Em posição superior e relativamente mais distal em relação aos conglomerados, aparece uma outra fácies, intimamente associada ao mesmo contexto, que foi designada de "subunidade quartzitos feldspáticos" por Alvarenga (1982), onde os microconglomerados arcosianos presentes podem atingir cerca de 100 m de espessura.

4.2.2. Sedimentologia e faciologia

Diversos estudos trataram dos aspectos faciológicos e sedimentológicos das rochas diamantíferas da região de Diamantina (por exemplo, Paternoster 1979, Schöll 1980, Brichta 1981, Almeida-Abreu *et al.* 1987, Martins Neto 1989,1993), abrangendo principalmente aspectos regionais. Visando integrar tal conhecimento aos objetivos deste trabalho, certas partes pertencendo aos campos diamantíferos de Sopa-Guinda e de Extração foram selecionadas para maior detalhamento. Vários fatores motivaram a escolha destas duas áreas: (1) elas estão situadas em um mesmo perfil leste-oeste, (2) o grau de deformação é relativamente menos intenso e, (3) existem muitos locais com atividade garimpeira, facilitando a exposição de cortes recentes bem como a coleta de concentrados de minerais pesados. Inicialmente, serão descritos os quartzitos encaixantes das rochas conglomeráticas, onde o

baixo grau de deformação permitiu a medição e o estudo estatístico das paleocorrentes dadas por estratificações cruzadas e/ou marcas de ondas. Esta deformação porém, mesmo diminuta, ocasionou um incipiente embricamento tectônico dos clastos nos conglomerados, não permitindo assim estudos a respeito da direção do aporte sedimentar dos mesmos.

4.2.2.1. Rochas quartzíticas

No campo de Sopa-Guinda, a área localizada nas cercanias do vilarejo de Guinda abrangendo as lavras Mugongo, Lavrinha, Nova Lavrinha, Diamante Vermelho, Pimentel e Brumadinho, foi detalhada originalmente a 1:5.000 por aí se situarem vários garimpos em atividade, além de ocorrerem três das quatro formações basais do Grupo Diamantina. Nos horizontes conglomeráticos foram realizados levantamentos de maior detalhe (1:1.000), discutidos em separado posteriormente. Nas rochas quartzíticas dessas formações, os estudos incluíram centenas de medições de paleocorrentes e descrições de fácies sedimentares (Figura 15).

As principais estruturas sedimentares identificadas nos quartzitos da Formação São João da Chapada, a oeste da área, foram estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, de pequeno a médio porte. Na base da seqüência os quartzitos são mais grossos, localmente apresentando grânulos arredondados de quartzo ao longo dos *sets* cruzados. O diagrama de paleocorrentes mostrou uma concentração na direção norte (Figura 15). O tipo do diagrama, unimodal, de acordo com Reineck & Singh (1980) indica um ambiente fluvial, o que é corroborado também pelas rochas e fácies sedimentares presentes na seqüência.

Na Formação Sopa Brumadinho, os quartzitos são geralmente médios ou grossos, muitas vezes conglomeráticos, apresentando abundantes estratificações cruzadas acanaladas, de porte médio ou grande, muitas delas constituindo *festons*. Os diagramas de paleocorrentes, levantados segundo dados obtidos em dois setores da área detalhada, mostraram uma forte concentração de vetores para S80°E na parte central da mesma, na zona de ocorrência dos conglomerados diamantíferos. A sudeste da área, próximo ao contato com a Formação Galho do Miguel, foram observadas no leito e imediações do Ribeirão Guinda marcas de ondas assimétricas possuindo um diagrama bimodal com duas direções preferenciais, para noroeste e para nordeste.

A Formação Galho do Miguel é composta por quartzitos puros, muito bem selecionados, onde se observam mega-estratificações cruzadas de alto ângulo (35° em média) e alturas aparentes de até 10 m. Tais estratificações forneceram um diagrama de paleocorrentes bimodal, com direções quase perpendiculares entre si para oeste e nordeste.

A assembléia de fácies observadas, associada a um diagrama deste tipo, segundo Glennie (1970, *in* Reineck & Singh 1980) indica um ambiente eólico formador de dunas longitudinais (*seif dunes*) a partir de duas direções perpendiculares do vento. Dossin *et al.* (1987) já haviam caracterizado, regionalmente, a existência de sedimentação eólica nesta formação, ao contrário de idéias anteriores que consideravam um ambiente de "mar profundo" para esses depósitos (por exemplo, Schöll & Fogaça 1979, Almeida-Abreu & Munhóz 1983).

No Campo de Extração, as lavras Boa Vista e Serrinha foram detalhadas originalmente na escala de 1:2.000 (Figura 16) e os estudos abrangeram a descrição das fácies sedimentares, medições de paleocorrentes nas rochas quartzíticas encaixantes, incluindo as vizinhanças adjacentes, assim como a análise sedimentológica dos conglomerados em diversos pontos de ambas as lavras. Na área só ocorrem rochas pertencentes à Formação Sopa Brumadinho; nos quartzitos desta unidade foram efetuadas 357 medidas de estratificações cruzadas.

As estruturas sedimentares presentes na área de Extração mostram-se semelhantes com aquelas observadas em Sopa-Guinda, incluindo estratificações cruzadas acanaladas e festonadas. Elas indicam a existência de um ambiente fluvial do tipo *braided* com área-fonte situada a oeste, conforme indicado pelos vetores preferenciais das estratificações cruzadas.

4.2.2.2. Rochas conglomeráticas

O Conglomerado Sopa típico (Moraes & Guimarães 1930), assim como as rochas conhecidas como metabrechas quartzíticas (Pflug 1965b, Fogaça & Almeida-Abreu 1982), paraconglomerados brechóides (Chaves *et al.* 1985, Dossin *et al.* 1985), ou ainda diamictitos (Almeida-Abreu 1993), foram detalhados em diversas lavras nas redondezas de Guinda, São João da Chapada e Extração, visando determinar suas características e os principais parâmetros sedimentológicos que poderiam se relacionar com a mineralização diamantífera. Adicionalmente, foram efetuados estudos quanto a composição química da matriz destas rochas, em vários locais onde o aspecto argiloso branco ou esverdeado tem levado certos autores a admitirem uma origem tufácea para as mesmas (Draper 1920,1923, Moraes & Guimarães 1930, Fleischer 1993).

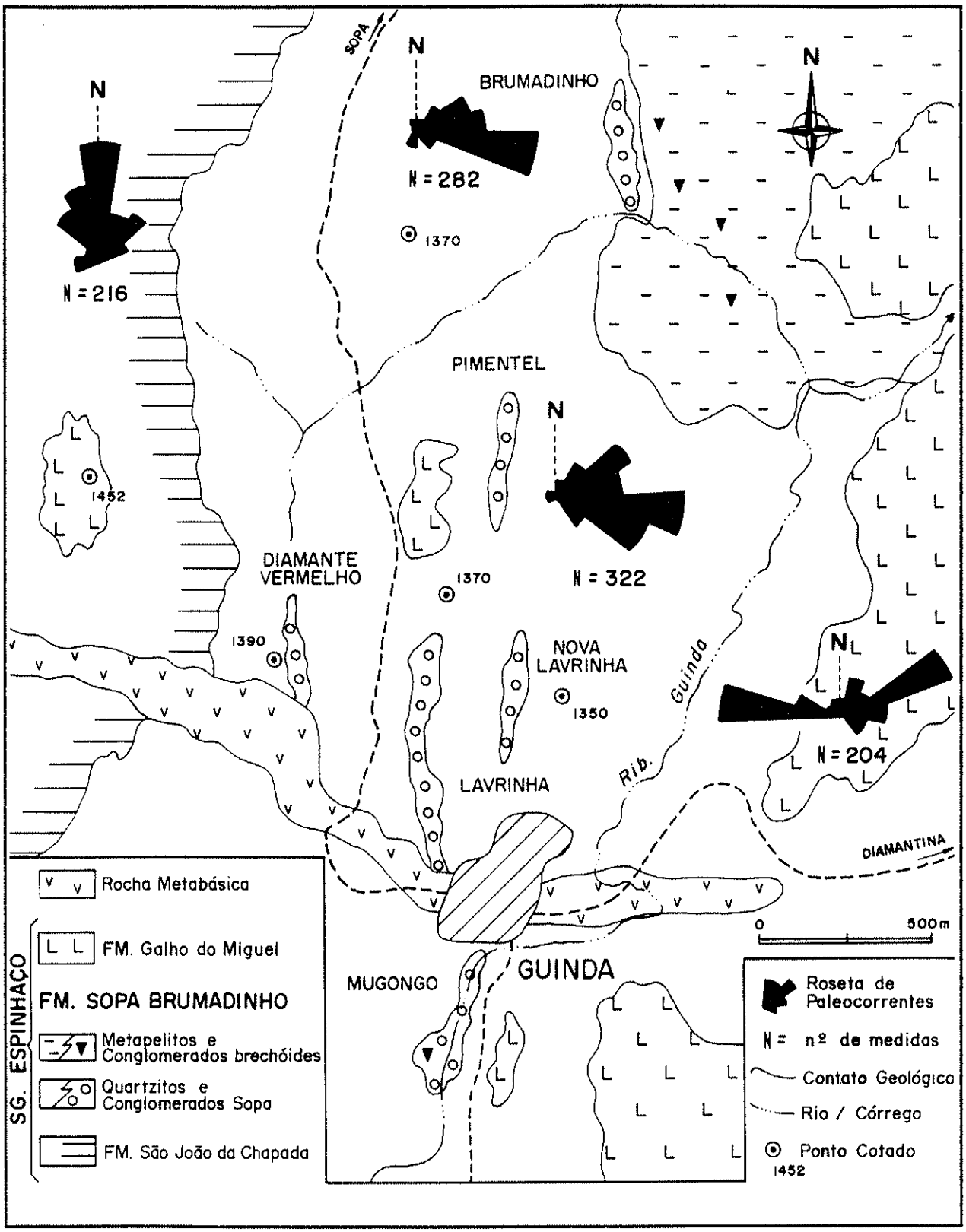


Figura 15: Geologia detalhada das vizinhanças de Guinda, mostrando as áreas de afloramento e lavra do Conglomerado Sopa e os diagramas de direção de paleocorrentes medidas em quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

Para o conhecimento da petrografia da matriz dos conglomerados e dos seus quartzitos encaixantes foram descritas 19 lâminas delgadas de amostras procedentes das quatro áreas abrangidas pelo estudo. Como o resultado dessas análises não mostrou variações significativas, novas descrições foram consideradas desnecessárias. Em geral, os quartzitos e a matriz arenosa dos conglomerados apresentam feições petrográficas muito semelhantes. Os grãos que compõem o arcabouço desta matriz são invariavelmente de quartzo, tendo como acessórios sericita, óxidos de ferro e zircão. O quartzo (92-97 %) apresenta-se em cristais anédricos, às vezes bordejando cristais maiores, exibindo sempre extinção ondulante. A sericita (3-5 %), em microcristais tabulares agregados, contorna os grãos de quartzo. Os opacos, possivelmente hematita e magnetita (1-7 %) aparecem como microcristais granulares subédricos a euédricos, enquanto zircão (<1%) apresenta-se em microcristais prismáticos curtos, com relevo alto e extinção paralela típica.

Onde a matriz é pelítica, como nos conglomerados de Extração ou nas rochas brechóides de São João da Chapada, a textura é granolepidoblástica, com uma superfície S_n bem marcada, dada pela orientação das palhetas de sericita ou de sericita + quartzo. Nestas localidades, a sericita predomina na matriz (60-65 %), com quartzo (30-35%) e muscovita (≅5 %) como outros constituintes maiores, observando-se ainda raríssimos grãos de epídoto, turmalina e opacos (< 1%).

Como no Campo de Sopa-Guinda ocorrem excelentes exposições de ambos os tipos citados de rocha conglomerática, eles foram estudados sedimentologicamente nas lavras Mugongo, Lavrinha, Diamante Vermelho, Brumadinho, Sopa e Chalé, sendo que as quatro primeiras, nitidamente situadas dentro de um mesmo contexto geológico, foram ainda efetuados levantamentos detalhados visando a obtenção de uma imagem tridimensional integrada que permitisse o entendimento da trama deposicional dos conglomerados e das rochas brechóides. Nesta área, a matriz das rochas brechóides foi analisada quanto a sua granulometria e composição química nas lavras Brumadinho, Chalé e ainda, para comparações, na Mina do Campo Sampaio (Campo de São João da Chapada).

Em relação ao Campo de Extração, já destacado anteriormente por constituir o mais afamado produtor de diamantes do Distrito de Diamantina, tendo como principal característica o fato de possuir conglomerados aflorando quase continuamente, selecionou-se duas de suas principais áreas de lavra, Serrinha e Boa Vista, para estudos específicos em relação à sedimentologia do Conglomerado Sopa.

Estas lavras foram escolhidas com base em vários fatores: (1) estavam na época em explotação mecanizada ou pesquisa (1994-1995), facilitando assim a amostragem de grande volume de minerais pesados; (2) apresentam excelentes exposições naturais e de

cortes no conglomerado diamantífero; (3) os teores são considerados bastante expressivos, sendo que o maior diamante descoberto em toda a região de Diamantina (64,4 ct) foi oriundo de um depósito coluvionar situado nas proximidades ao sul da Lavra Serrinha; (4) apresentam exposições ainda não lavradas nos depósitos coluvionares (amostrados para análises sedimentológicas). A matriz do Conglomerado Sopa, nas lavras citadas, foi também analisada quanto a sua composição química.

a) Anatomia dos corpos

No estudo de um corpo conglomerático, a determinação precisa da sua anatomia é da maior importância para entender sua gênese e, no caso dele ser mineralizado, esse conhecimento é de fundamental importância na distribuição da mineralização. No caso do Conglomerado Sopa e das rochas brechóides associadas, considera-se assim que somente através de levantamentos detalhados de campo, em associação com outros parâmetros de natureza sedimentológica e mineralógica, podem conduzir-nos a interpretações seguras a respeito da mineralização de diamantes.

Desta maneira, no Campo de Sopa-Guinda, as lavras Mugongo, Lavrinha, Diamante Vermelho e Brumadinho, onde os conglomerados estão espacialmente associados dentro de um mesmo contexto geológico, foram detalhadas em escalas consideradas eficientes para permitir a caracterização da anatomia do(s) corpo(s) conglomerático(s) e o relacionamento destes com a geologia local. Nas quatro localidades a geometria dos conglomerados é nitidamente lenticular, com as lentes não ultrapassando 12 m em sua porção de maior espessura. A Figura 16 mostra o comportamento lenticular do Conglomerado Sopa na Lavrinha, com base nos levantamentos em detalhe de diversas seções longitudinais. A irregularidade de seu contato inferior (em tracejado), indica o caráter erosivo do mesmo com os quartzitos encaixantes, conforme mostrado na Foto 3.

No Campo de Extração, o levantamento detalhado realizado nas lavras Boa Vista e Serrinha mostrou que o comportamento geral do Conglomerado Sopa também é lenticular, embora mostre o contato basal também com quartzitos apresentando um perfil bem mais íngreme (Figura 17A-B). Em Boa Vista, o valor angular deste contato é 30-35°, enquanto na Serrinha o ângulo varia entre 50 e 60°. A espessura máxima dos depósitos conglomeráticos nessas localidades, baseado nas suas porções aflorantes, varia entre 60 m (Boa Vista) e 35 m (Serrinha).

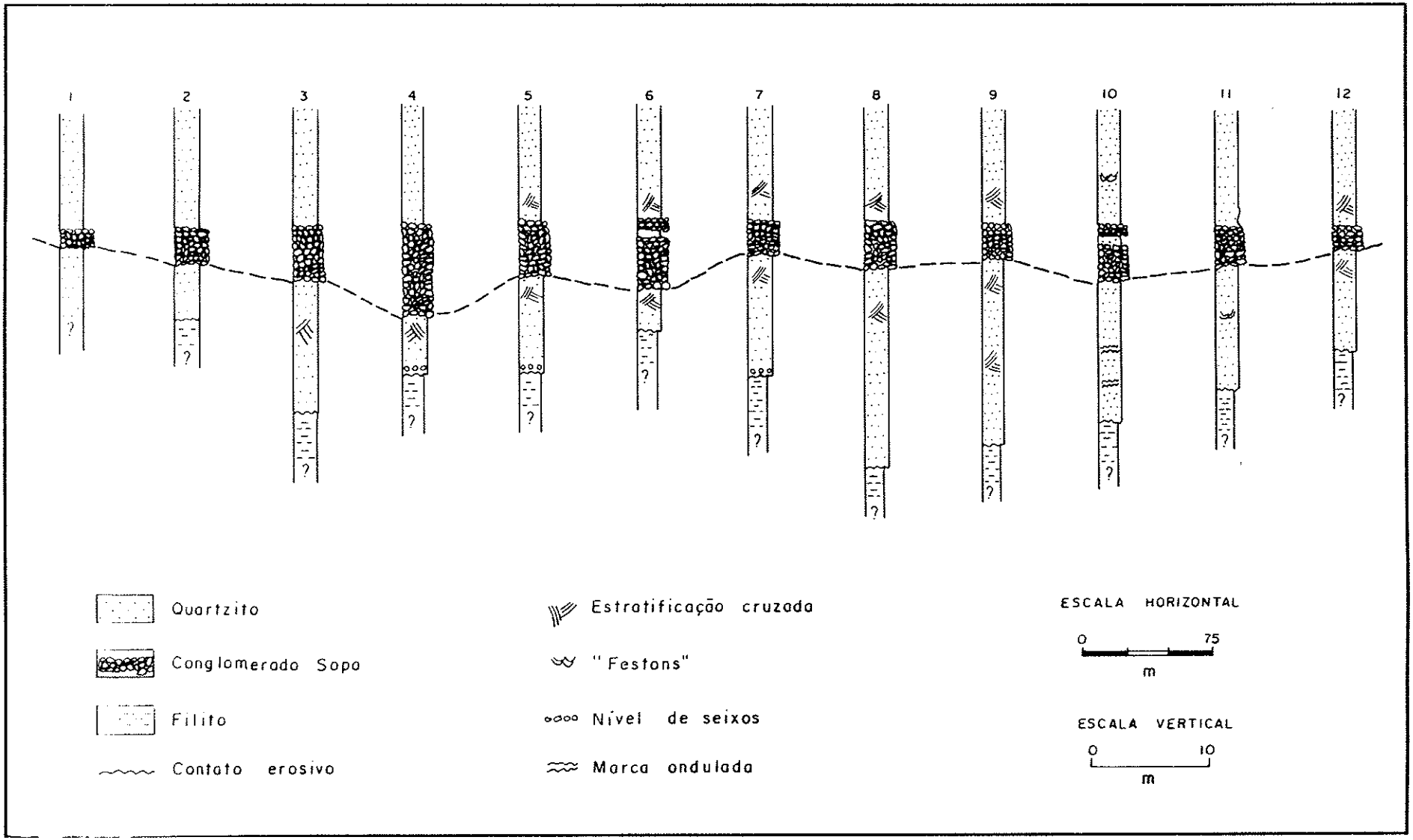


Figura 16: Seções de detalhe levantadas longitudinalmente ao longo do Garimpo da Lavrinha, Campo de Sopa-Guinda

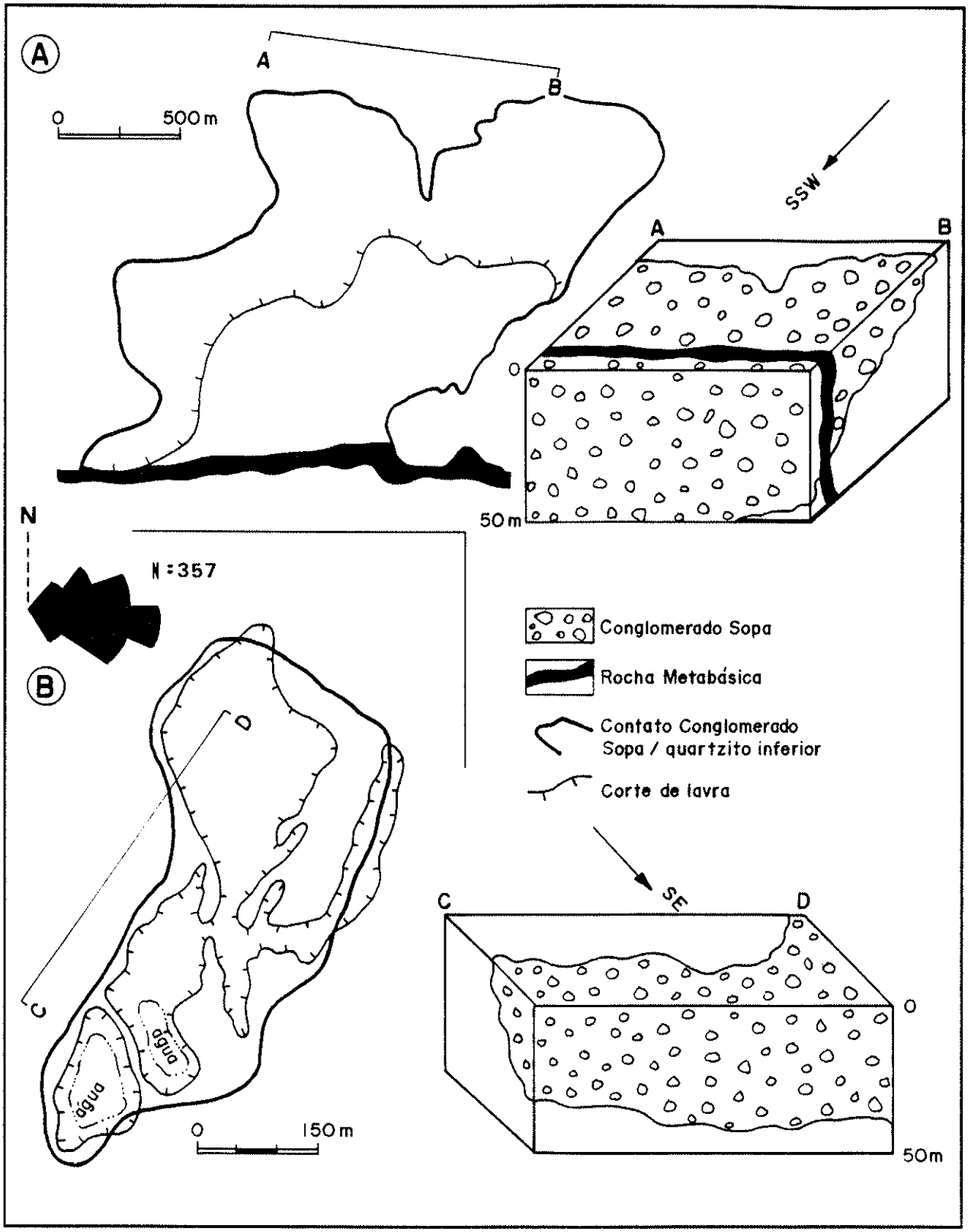


Figura 17: Áreas de afloramento do Conglomerado Sopa e blocos diagramas nas lavras Boa Vista (A) e Serrinha (B), Campo de Extração.

b) Granulometria e composição química da matriz

Para a determinação da granulometria da matriz das rochas conglomeráticas coletou-se cerca de 1 kg de material em 24 pontos abrangendo as lavras Mugongo, Lavrinha, Diamante Vermelho, Brumadinho, Sopa e Chalé (Campo de Sopa-Guinda); a Mina do Campo Sampaio (São João da Chapada); e as lavras Serrinha e Boa Vista (Extração). A amostragem, efetuada nas partes preferencialmente friáveis dessas rochas, procurou sempre buscar pontos típicos de determinados setores das lavras e onde não houvesse nenhuma perturbação tectônica visível. Em laboratório, após os procedimentos de peneiramento, foram separadas as seguintes frações granulométricas: grânulo (>2 mm), areia muito grossa (2-1 mm), areia grossa (1-0,5 mm), areia média (0,5-0,25 mm), areia fina (0,25-0,125 mm), areia muito fina (0,125-0,062 mm) e silte/argila (<0,062 mm). Os grãos maiores que 4 mm eram fragmentos de clastos, descartados no campo com o peneiramento.

A matriz das rochas conglomeráticas da Formação Sopa Brumadinho apresenta certas peculiaridades de acordo com o campo diamantífero a que se relacionam. Desta maneira, observou-se uma predominância das frações arenosas nas áreas de Sopa-Guinda e de Datas, enquanto em Extração e São João da Chapada a fração pelítica possui maior importância.

Os resultados das análises granulométricas são mostrados nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, com os histogramas que definem a média dos dados em cada lavra sendo mostrados nas Figuras 18 e 19, em função da presença de uma matriz predominantemente arenosa, ou com fração pelítica notável. Nas áreas onde a matriz tem uma contribuição pelítica relevante (conglomerados de Extração e rochas brechóides de Sopa-Guinda e São João da Chapada), foram efetuadas análises por fluorescência de raios X visando detectar possíveis elementos derivados de rochas ultrabásicas, caso estas estivessem presentes na área fonte. Estas análises são ainda comparadas com as referentes à matriz dos conglomerados diamantíferos cretácicos da região de Coromandel (Tabela 8).

O padrão granulométrico verificado nos conglomerados de matriz arenosa é bastante homogêneo, observando-se na maioria dos casos um predomínio da fração areia fina (Figura 18). Nos conglomerados de matriz pelítica observa-se total ausência de grãos maiores do que areias e um padrão regular na distribuição da freqüência destas. As brechas, por sua vez, caracterizam-se por duas classes principais de freqüência, nas frações areia fina e silte/argila (Figura 19). Comparando-se ainda os dados sobre a granulometria da matriz dos conglomerados com a dos seus quartzitos encaixantes, observa-se que ambos são muito semelhantes, corroborando para a existência de uma área fonte comum.

Tabela 4: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa nas lavras da parte sul do Campo de Sopa-Guinda.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de % em peso)					
		LAVRINHA		MUGONGO		DIAMANTE VERMELHO	
mm	ϕ	PC-02-03	PC-02-05	PC-08-02	PC-08-05	PC-09-01	PC-09-03
>2	-1	1,2	1,5	1,1	0,8	0,8	1,4
1	0	3,6	5,6	2,9	2,0	2,5	5,0
0,5	1	13,4	16,1	16,5	6,9	11,1	9,0
0,25	2	32,3	29,3	34,1	23,6	25,1	21,9
0,125	3	43,7	41,6	37,9	52,7	57,0	60,8
0,062	4	1,8	2,4	2,8	1,8	0,7	0,3
<0,062	5...	4,1	3,5	4,6	12,1	2,7	1,6

Tabela 5: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa nas lavras da parte norte do Campo de Sopa-Guinda.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de % em peso)					
		BRUMADINHO		SOPA		CHALÉ	
mm	ϕ	PC-10-01	PC-10-02	PC-11-01	PC-11-02	PC-12-01	PC-12-02
>2	-1	-	0,6	0,2	0,2	0,3	-
1	0	0,2	1,5	1,4	0,9	2,5	1,9
0,5	1	3,5	14,2	7,9	7,4	19,4	16,2
0,25	2	23,4	29,8	28,1	27,0	52,4	43,0
0,125	3	67,6	49,3	59,0	56,7	22,1	34,3
0,062	4	1,5	1,8	1,4	1,4	1,0	1,3
<0,062	5...	3,8	2,8	2,0	6,3	2,3	3,3

Tabela 6: Granulometria da matriz das rochas brechóides (Membro Campo Sampaio) nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de % em peso)					
		BRUMADINHO		CHALÉ		CAMPO SAMPAIO	
mm	ϕ	PC-10-03	PC-10-04	PC-12-03	PC-12-04	PC-01-01	PC-01-02
>2	-1	-	-	-	-	-	-
1	0	-	-	-	-	-	0,2
0,5	1	6,9	6,3	2,5	0,1	14,4	2,4
0,25	2	18,4	15,3	6,4	1,1	15,0	9,8
0,125	3	48,1	57,5	48,9	74,4	29,3	27,7
0,062	4	6,0	7,4	4,3	2,0	4,1	3,2
<0,062	5...	20,6	13,5	37,9	22,4	37,2	56,7

Tabela 7: Granulometria da matriz do Conglomerado Sopa no Campo de Extração.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de % em peso)					
		SERRINHA			BOA VISTA		
mm	ϕ	PC-04-01	PC-04-02	PC-04-03	PC-13-01	PC-13-03	PC-13-04
>2	-1	-	-	-	-	-	-
1	0	8,1	0,8	-	8,7	10,2	9,8
0,5	1	14,2	4,7	0,2	13,7	18,4	20,2
0,25	2	10,9	18,1	10,0	16,6	19,8	18,5
0,125	3	13,1	18,5	22,1	17,1	13,2	15,0
0,062	4	18,3	19,4	20,9	17,8	10,6	13,9
<0,062	5...	35,4	38,5	46,8	26,5	27,6	22,4

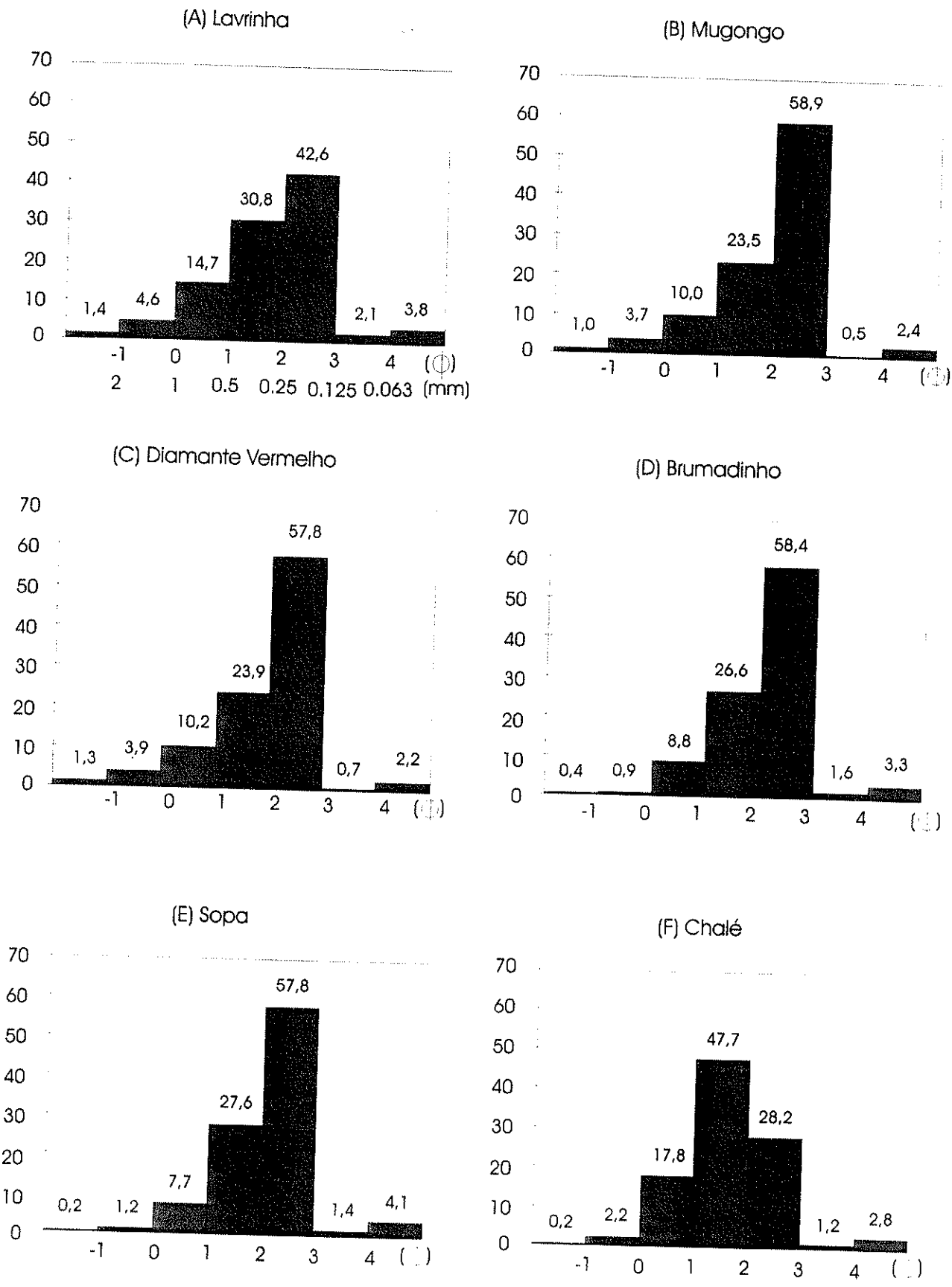


Figura 18: Histogramas da granulometria da matriz (arenosa) do Conglomerado Sopa, em lavras do Campo de Sopa-Guinda.

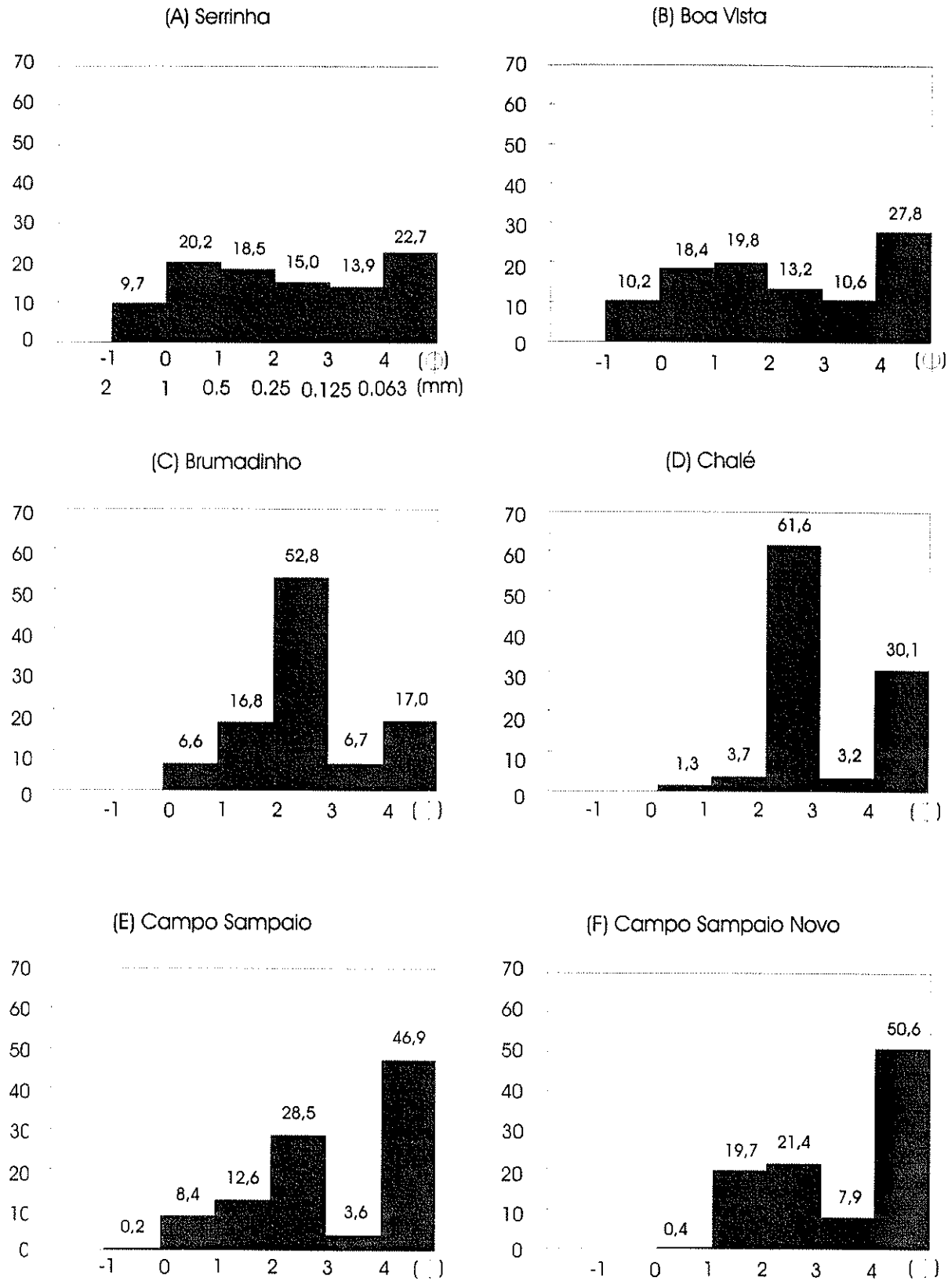


Figura 19: Histogramas da granulometria da matriz (mais pelítica) do Conglomerado Sopa, em lavras do Campo de Extração (A e B), e das rochas brechóides nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada (C, D, E e F).

As análises químicas efetuadas demonstram uma alta concentração geral de SiO_2 (65,4-88,4 %) e Al_2O_3 (6,3-21,1 %) indicando que a matriz é essencialmente quartzosa com minerais do grupo das argilas associados (Tabela 8). O baixo percentual de Fe_2O_3 (1,5-4,1 %) contrasta com os dados referentes a região de Coromandel, onde a contribuição de rochas máficas é atestada por altos valores desse óxido (14,0-15,6 %). Entre os elementos traços, os altos valores relativos (em ppm) de bário e rubídio, típicos de micas e seus produtos argiláceos de alteração, além de baixos valores de cromo, cobalto e níquel (ligados a rochas ultramáficas), e nióbio, estrôncio, zircônio, urânio e tório (ligados a rochas alcalinas), indicam também que a sedimentação ocorreu a partir de fontes ácidas, não evidenciando assim qualquer relação desses sedimentos com rochas tufáceas.

c) Relação fenoclasto/matriz

Para determinar a relação fenoclasto/matriz, utilizou-se a malha confeccionada para este fim (0,5 x 0,5 m), com base de metal dividida por fios de *nylon* em 10 colunas e 10 linhas de 0,5 cm de espaçamento. A contagem de clastos ou matriz foi feita no cruzamento dos fios e os resultados são calculados em percentagem. Como a malha totaliza 100 pontos de medição, os dados podem ser apresentados assim em números inteiros. As Tabelas 9 e10 sumarizam os dados obtidos, respectivamente, nas lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração. Esses dados demonstram que no Campo de Sopa-Guinda os conglomerados são clasto-sustentados (relação média clasto/matriz de 65/35 %), enquanto no Campo de Extração parece existir um equilíbrio entre clastos e matriz (relação média de 47/53 %).

d) Diâmetro médio dos fenoclastos

Na prática usual, o tamanho de uma partícula é dado em termos de diâmetro. Como nenhuma partícula é uma esfera perfeita, ela deve possuir sempre diâmetros longo, intermediário e curto (Suguio 1973). Assim, o diâmetro médio de um clasto pode ser obtido aproximadamente através de três dimensões principais: comprimento (c), largura, (b) e espessura (a), que caracterizam os eixos longo, intermediário e curto do mesmo. Com esses elementos, obtêm-se o diâmetro médio aritmético: $d = (a+b+c)/3$.

Porém, como as medidas efetuadas nos clastos do conglomerado deram-se sempre em cortes dos afloramentos, apenas duas dimensões dos fenoclastos foram medidas: eixo maior e eixo menor. Desta maneira o diâmetro médio aritmético é dado por: $d = (c+a)/2$.

Tabela 8: Composição química da matriz dos conglomerados (Campo de Extração) e brechas (Campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada) do Distrito de Diamantina, em comparação com os da Província do Alto Paranaíba (Região de Coromandel).

	DIAMANTINA									COROMANDEL	
%	PC-13-01	PC-13-04	PC-04-01	PC-04-03	PC-10-03	PC-10-04	PC-12-03	PC-01-01	PC-01-02	PC-14	PC-15
SiO_2	78,90	60,23	70,21	71,79	76,90	73,81	65,41	66,39	88,41	68,33	43,91
TiO_2	0,24	0,50	0,27	0,19	0,40	0,62	0,58	0,57	0,21	3,82	4,36
Al_2O_3	11,36	21,08	15,56	16,23	12,55	16,17	21,15	16.45	6,37	6,12	24,01
Fe_2O_3	2,04	4,14	3,19	2,55	2,02	1,58	2,15	2,09	1,74	14,09	15,61
FeO	0,60	0,37	0,37	0,09	0,06	0,20	0,15	0,07	0,03	0,46	0,10
MnO	0,08	0,05	0,05	0,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,19	0,02
MgO	0,89	1,47	1,34	1,08	1,36	0,80	1,35	0,97	0,45	0,65	0,07
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Na_2O	0,00	0,01	0,00	0,00	0,09	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
K_2O	4,12	7,66	6,02	3,65	3,22	2,71	3,40	3,60	1,51	0,74	0,21
$H2O^+$	1,85	3,79	2,48	4,00	2,09	4,33	5,41	4,18	1,59	3,26	10,17
$H2O^-$	0,22	0,05	0,01	0,09	0,02	0,06	0,10	4,85	0,05	1,60	0,89
P_2O_5	0,02	0,07	0,05	0,05	0,19	0,01	0,10	0,02	0,02	0,17	0,19
CO_2	0,34	0,07	0,08	0,15	0,16	0,10	0,14	0,06	0,05	0,47	0,77
Total	100,6	99,4	99,6	99,9	99,1	100,3	99,9	99,2	100,4	99,9	100,3
					(ppm)						
Ba	1254	2042	1894	657	4403	532	644	316	218	707	399
Cr	17	31	27	8	28	55	40	34	12	430	242
Co	10	4	3	2	8	3	7	8	13	49	66
Nb	8	15	13	11	7	12	9	12	3	266	160
Ni	27	42	58	29	22	19	33	42	14	133	100
Pb	93	49	26	56	112	20	367	28	13	59	62
Rb	121	238	160	121	58	65	74	76	35	36	12
Sr	17	33	35	15	147	4	95	8	8	202	272
Th	19	43	31	71	23	23	22	11	10	38	29
U	2	2	3	4	3	2	3	2	2	5	3
V	18	35	27	27	130	64	51	56	15	302	318
Y	15	23	24	33	21	18	20	10	7	60	44
Zn	31	54	37	26	17	19	26	26	23	51	85
Zr	138	247	171	229	244	473	351	297	152	873	1640

Tabela 9: Relação fenoclasto/matriz do Conglomerado Sopa, verificada nas lavras Lavrinha, Mugongo e Diamante Vermelho (Campo de Sopa-Guinda).

LAVRA	PONTO	CLASTO (%)	MATRIZ (%)	REL.MÉDIA (%)
Lavrinha	PC-02-01	66	34	61,4/38,6
	PC-02-02	70	30	
	PC-02-03	47	53	
	PC-02-04	67	33	
	PC-02-05	52	48	
	PC-02-06	66	34	
Mugongo	PC-08-01	70	30	68,7/31,3
	PC-08-02	64	36	
	PC-08-03	76	24	
	PC-08-04	72	28	
	PC-08-05	68	32	
	PC-08-06	58	42	
	PC-08-07	61	39	
	PC-08-08	81	19	
Diamante Vermelho	PC-09-01	53	47	63,5/36,5
	PC-09-02	72	28	
	PC-09-03	69	31	
	PC-09-04	60	40	

Tabela 10: Relação fenoclasto/matriz do Conglomerado Sopa, verificada nas lavras Serrinha e Boa Vista (Campo de Extração).

LAVRA	PONTO	CLASTO (%)	MATRIZ (%)	REL.MÉDIA (%)
Serrinha	PC-04-01 (A)	55	45	49,4/50,6
	PC-04-01 (B)	56	44	
	PC-04-02 (A)	47	53	
	PC-04-02 (B)	48	52	
	PC-04-03	41	59	
Boa Vista	PC-13-01	47	53	44,4/55,6
	PC-13-02	42	58	
	PC-13-03	45	55	
	PC-13-04	40	60	
	PC-13-05	48	52	

As medições foram efetuadas nas lavras Mugongo, Lavrinha e Diamante Vermelho (Sopa-Guinda), o mesmo ocorrendo nas lavras Serrinha e Boa Vista (Extração). Em termos puramente visuais, o Conglomerado Sopa parece ser homogêneo quanto ao tamanho médio de seus clastos nas áreas de Sopa-Guinda e Extração, cada uma delas porém possuindo um padrão granulométrico característico. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 11, de acordo com a classificação de Wentworth (1922, *in* Suguio 1973) que considera os fenoclastos como representados por seixos (4-64 mm), blocos (64-256 mm) e matacões (>256 mm).

Na Figura 20, são mostrados os histogramas do diâmetro médio dos fenoclastos do Conglomerado Sopa em diversas lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração, incluindo também os histogramas das rochas brechóides na lavras Brumadinho (Sopa-Guinda) e Campo Sampaio (São João da Chapada). Ao se comparar os dados relacionados na Tabela 11 com estes histogramas, fica caracterizado que nas lavras do Campo de Sopa-Guinda os diâmetros médios dos fenoclastos estão incluídos na classe de maior freqüência percentual. De outra forma, em Extração, os diâmetros médios são consideravelmente superiores do que a classe de maior freqüência. Isto indica que a granulometria média real dos fenoclastos é aproximadamente igual nas duas áreas, porém, a maior freqüência de matacões em Extração faz com que os dados sobre o diâmetro médio sejam "distorcidos". Assim sendo, este parâmetro freqüentemente utilizado por empresas de mineração para se caracterizar os conglomerados da região de Diamantina (por exemplo, Gonçalves 1981), deve ser tomado com reservas.

Tabela 11: Diâmetro médio dos fenoclastos do Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração.

CAMPO	LOCAL	MAIOR CLASTO OBSERVADO	DIÂMETRO MÉDIO DOS CLASTOS	DIÂMETRO MÉDIO GERAL
Sopa-Guinda	Lavrinha	34x23 cm (conglomerado)	6,57 cm	5,93 cm
	Diamante Vermelho	30x23 cm (quartzito)	5,58 cm	
	Mugongo	37x28 cm (quartzito)	5,64 cm	
Extração	Serrinha	78x55 cm (quartzito)	8,43 cm	8,15 cm
	Boa Vista	53x32 cm (quartzito)	8,12 cm	
	Cavalo Morto	65x49 cm (quartzito)	7,90 cm	

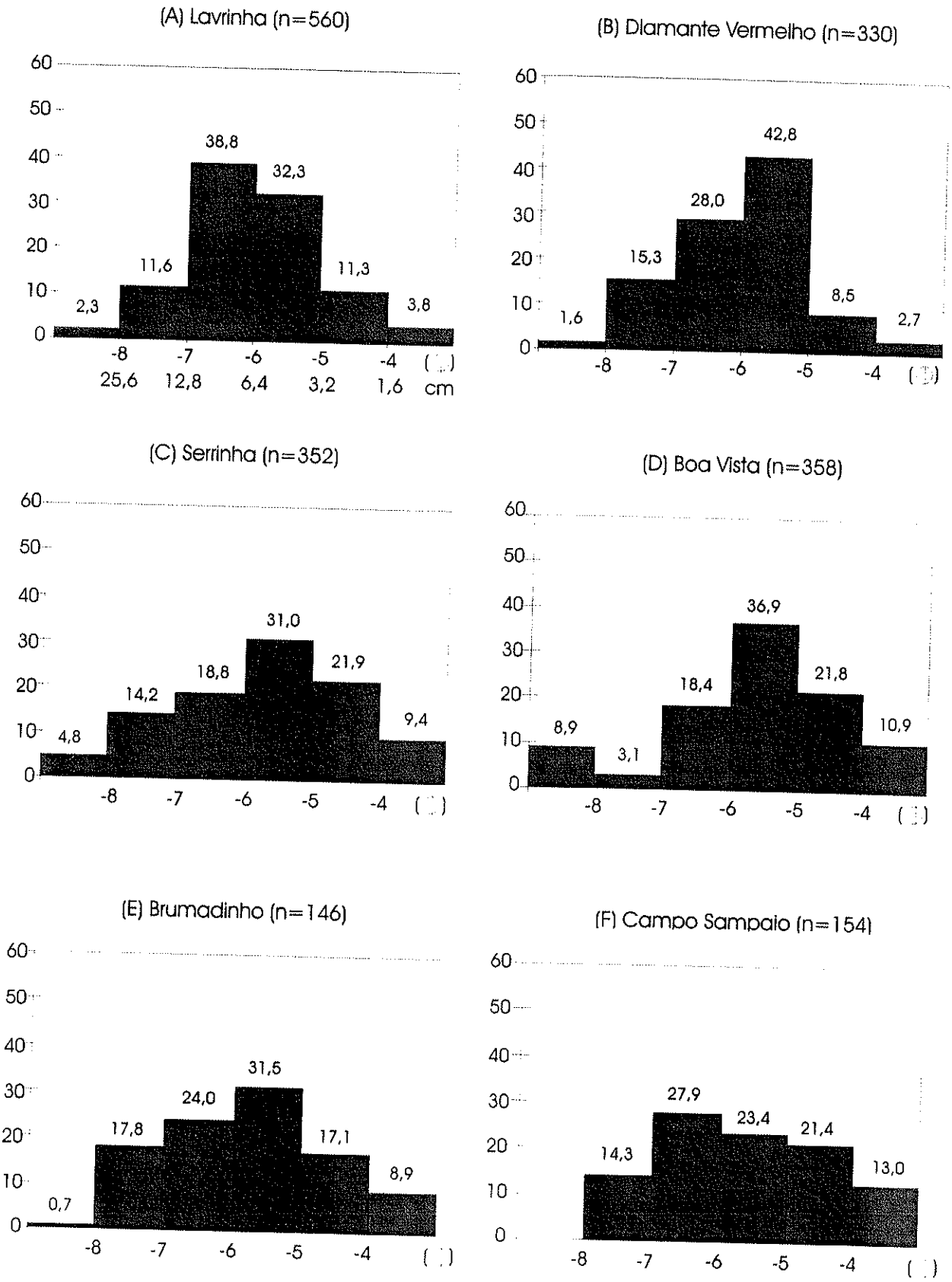


Figura 20: Histogramas do diâmetro médio dos fenoclastos do Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda e de Extração (A, B, C e D), e das rochas brechóides nos campos de Sopa-Guinda e de São João da Chapada (E e F) (n=número de clastos).

e) Classificação dos fenoclastos

Os seguintes fenoclastos foram observados nos conglomerados, nas mesmas lavras especificadas no item anterior (no Campo de Extração, a Lavra Cavalo Morto também foi pesquisada com esse fim): quartzito, quartzo, filito, conglomerado, formação ferrífera bandada e rocha meta-ácida. Os dados são apresentados em termos de diagramas circulares, que permitem visualizar com maior clareza as variações litológicas do Conglomerado Sopa de local para local (Figura 21). Já as rochas brechóides são constituídas predominantemente por clastos de quartzito vermelho ou arroxeado (93 % conforme verificado na Lavra Brumadinho), as excessões sendo dadas por raros seixos de quartzo leitoso e, por isso, considerou-se desnecessária sua representação na citada figura.

Os dados apresentados sobre os tipos de clastos demonstram várias peculiaridades em relação às duas áreas comparadas (Figura 21). Inicialmente deve ser destacado que no Campo de Sopa-Guinda ocorre um forte predomínio de fenoclastos quartzíticos. A freqüência de todos os outros clastos juntos não ultrapassa 30 % em nenhum dos locais estudados. Em Extração observa-se uma forte presença de clastos de quartzo, os quais chegam a constituir mais que 50 % na Lavra Serrinha. Esta última área se caracteriza também pela presença constante de clastos de itabirito, muito raramente presentes em Sopa-Guinda (<1% na Lavrinha). Interessante também ressaltar a presença de clastos de conglomerado em todas as lavras de ambas as áreas. Na Lavrinha, foi observado um clasto de conglomerado que apresentava um intraclasto de conglomerado, indicando assim a existência de pelo menos dois períodos distintos de geração de conglomerados anteriormente à deposição do Conglomerado Sopa.

f) Relação litologia dos fenoclastos/tamanho

Esses dados são também apresentados através de histogramas, os quais facilitam a visão geral das frações granulométricas pertinentes a cada tipo litológico, assim como o número de classes texturais. As lavras onde se efetuaram as medições são as mesmas mostradas nos itens "d" e "f", abrangendo somente o Conglomerado Sopa por este ser um sedimento polimítico, ao contrário das brechas. Para a apresentação dos resultados, foram selecionadas as lavras Lavrinha (Campo de Sopa-Guinda) e Boa Vista (Campo de Extração), onde melhor estão representadas as variações na composição litológica dos fenoclastos em função do diâmetro médio dos mesmos.

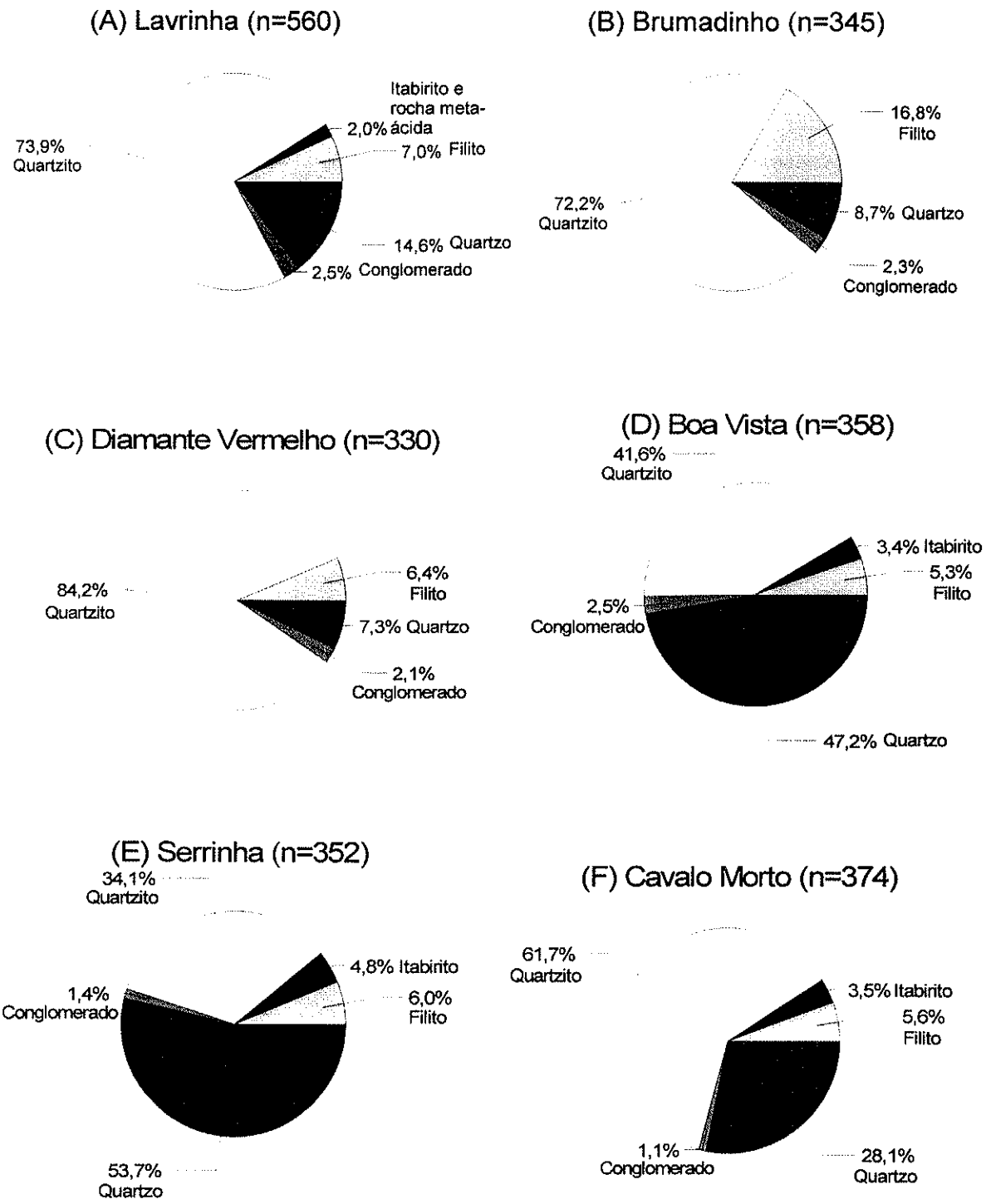


Figura 21: Diagramas circulares, mostrando as litologias dos clastos que compõem o Conglomerado Sopa em lavras dos campos de Sopa-Guinda (A, B e C) e de Extração (D, E e F). (n = número de clastos).

O estudo comparativo incluiu fenoclastos de quartzito, conglomerado e quartzo. Os quartzitos estão espalhados por todas as classes de freqüência, havendo maiores concentrações nas classes de blocos pequenos (6,4-12,8 cm) e seixos muito grandes (3,2-6,4 cm), respectivamente. Os clastos de conglomerado estão fortemente concentrados nas classes maiores que blocos pequenos (6,4 cm), enquanto o inverso ocorre para os clastos de quartzo. Estes últimos possuem sua maior freqüência na classe de seixos e apenas na área de Extração são observados clastos relativamente maiores (Figura 22).

g) Arredondamento/esfericidade

Estes dois parâmetros são fundamentais para o entendimento da origem de um determinado sedimento pois, a priori, podem indicar a distância que este tem sido transportado. O grau de arredondamento é dado pelo número de arestas que a partícula apresenta, e quanto menos arestas houverem maior terá sido o seu rolamento. Já o grau de esfericidade é uma conseqüência do arredondamento, pois o rolamento tende a conduzir a partícula a uma forma esférica. A medição do grau de esfericidade, porém, não tem sentido quando os sedimentos estão deformados tectonicamente, como os que ocorrem na Serra do Espinhaço. Em toda esta região os fenoclastos do Conglomerado Sopa apresentam um estiramento na xistosidade, que apesar de muitas vezes ser incipiente é capaz de mascarar o grau de esfericidade. Em certos locais onde a deformação é maior, como em Datas por exemplo, os clastos de itabirito, filito e quartzito ferruginoso tornam-se tão estirados e paralelizados entre si que o eixo maior pode elongar-se até 30 vezes mais do que o eixo menor.

Para a caracterização do grau de arredondamento dos clastos dos conglomerados da região de Diamantina, foram estudadas as lavras Lavrinha e Brumadinho (Campo de Sopa-Guinda), e Serrinha (Campo de Extração). As rochas brechóides foram estudadas nas lavras Brumadinho e Chalé (Campo de Sopa Guinda). Visando determinar o comportamento de tipos diferentes de clastos quanto a este parâmetro, os clastos de quartzito e quartzo foram analisados nos mesmos locais, para se conhecer a distância relativa a que eles foram submetidos em termos de transporte. Para a caracterização dos graus de arredondamento dos clastos utilizou-se a classificação visual de Pettijohn (1957) com valores numéricos: angular (0 a 0,15), subangular (0,15 a 0,25), subarredondado (0,25 a 0,40), arredondado (0,40 a 0,60) e bem arredondado (0,60 a 1,00). Os dados obtidos são aqui apresentados em função da distribuição das faixas de valores em histogramas (Figura 23).

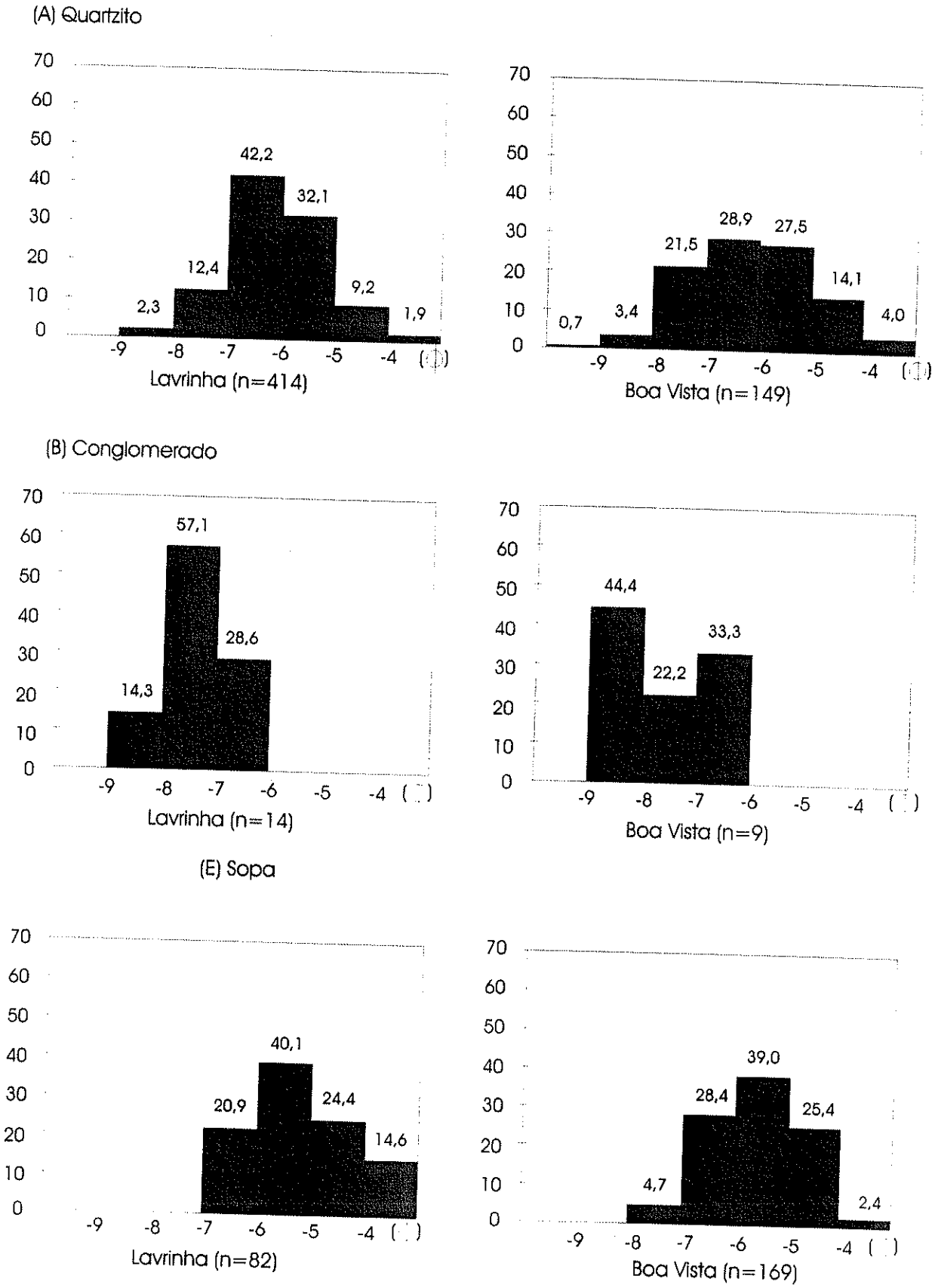


Figura 22: Histogramas comparativos da relação de tipos litológicos selecionados dos fenoclastos com o seu diâmetro médio, entre os campos de Sopa-Guinda e de Extração (n=número de clastos).

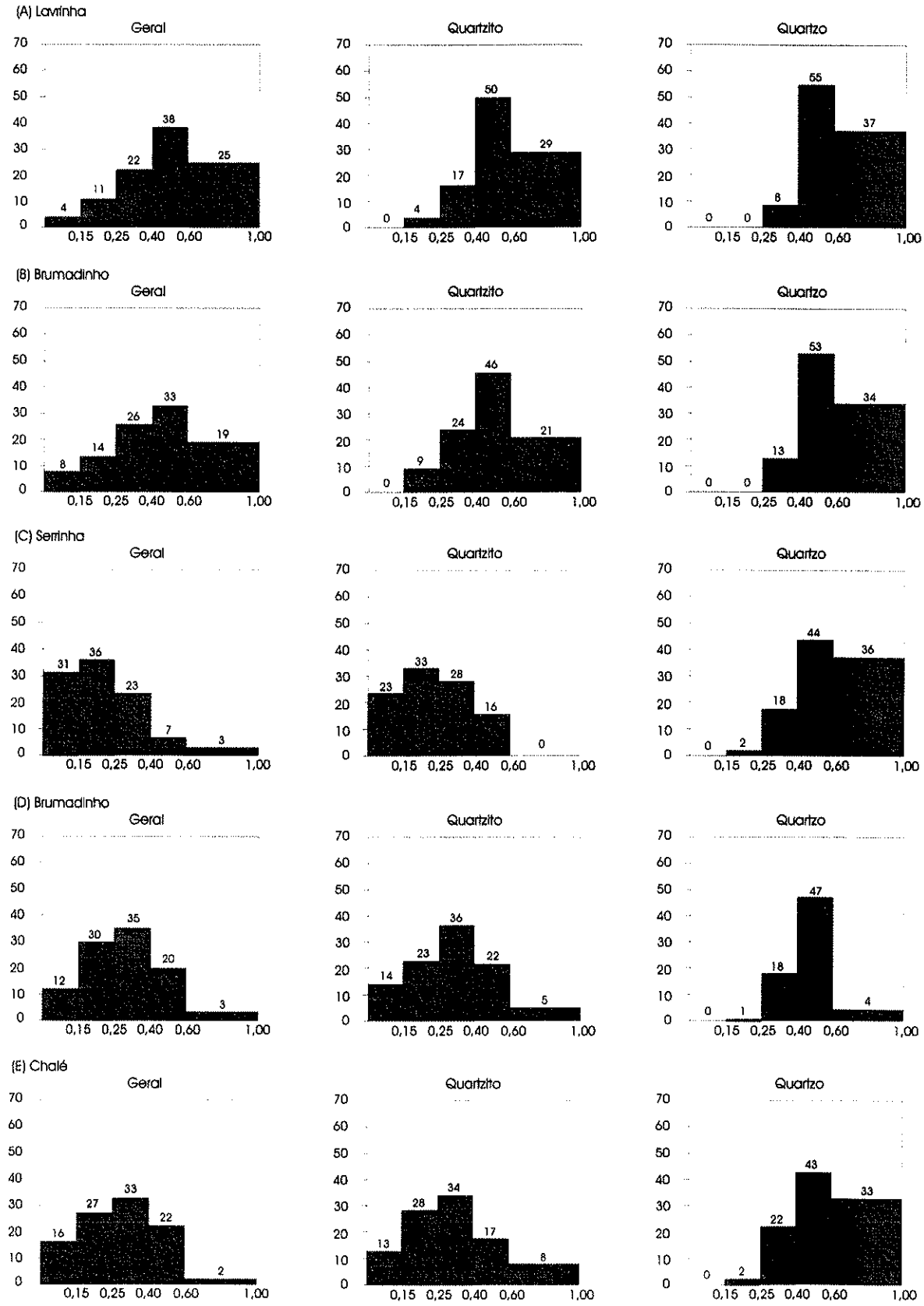


Figura 23: Histogramas dos graus de arredondamento dos clastos do Conglomerado Sopa nos campos de Sopa-Guinda (A e B) e de Extração (C) e das rochas brechóides no Campo de Sopa-Guinda (D e E).

Os conglomerados do Campo de Sopa-Guinda mostram-se com grau de arredondamento mais alto. As rochas brechóides possuem as classes de maior freqüência nos termos subarredondado e subanguloso, corroborando assim com os estudos prévios de Chaves *et al.* (1985) e Dossin *et al.* (1985), os quais consideraram essas rochas como "paraconglomerados brechóides". O menor grau de arredondamento dos clastos é verificado no Campo de Extração, onde a classe subangular apresenta a maior freqüência.

Comparando-se o grau de arredondamento dos clastos de quartzito e quartzo, novas considerações podem ser tecidas. Inicialmente deve ser destacado que os clastos de quartzo possuem distribuições de freqüências muito semelhantes em todos os locais estudados, mostrando sempre maiores valores nas classes de melhor arredondamento. Quanto aos quartzitos, seus valores são diferenciados de área para área. Nos conglomerados de Sopa-Guinda eles se mostram preferencialmente arredondados, de maneira semelhante ao comportamento dos clastos de quartzo, enquanto nos paraconglomerados brechóides as classes de maior freqüência coincidem com a da rocha em geral (subarredondado-arredondado), visto que mais que 90 % dos clastos são de quartzito. Na área de Extração os clastos de quartzito apresentam valores bastante distintos daqueles do quartzo (Figura 23), denotando as taxas diferentes de transporte a que foram submetidos.

4.2.3. Interpretações paleogeográficas

Pesquisas recentes a respeito do conhecimento geológico dos campos de Sopa-Guinda e de Extração, e das características sedimentares/faciológicas presentes, permitiram considerar para o Conglomerado Sopa uma origem continental a partir de sistemas de leques aluviais (Chaves 1987, Garcia & Uhlein 1987, Chaves & Svisero 1993, Uhlein 1991, Martins Neto 1989,1993, Almeida-Abreu 1993). Os estudos agora efetuados corroboraram com esta hipótese. A descrição dos aspectos básicos deste ambiente e de suas fácies sedimentares associadas teve como objetivo o entendimento dos diversos depósitos estudados, bem como caracterizar o arcabouço paleogeográfico regional determinante da deposição dos conglomerados diamantíferos em vários sistemas de leques aluviais.

4.2.3.1. Ambiente de leque aluvial - aspectos gerais

Leques aluviais são acumulações de sedimentos clásticos grossos e mal selecionados, de forma semi-cônica, que se formam na base de áreas com relevo escarpado por correntes fluviais torrenciais carregando abundante suprimento de sedimentos (Nilsen 1982, McLane 1995). Os leques modernos podem alcançar espessuras de até 1000 m.

Freqüentemente vários leques vizinhos coalescem, originando extensos planos inclinados, quase sempre associados ao bloco abatido de escarpas de falhas ativas (Figura 24). Na Serra do Espinhaço são conhecidos depósitos diamantíferos associados a leques aluviais desde pré-cambrianos até cenozóicos.

Os leques aluviais são melhor desenvolvidos em regiões áridas e semi-áridas, com vegetação escassa e chuvas raras mas violentas, propiciando taxa de erosão alta favorecida pelo soerguimento tectônico (Hooke 1967). Nestes casos um leque pode gradar a jusante para lagos de *playa* ou para planícies aluvionares, quando o sistema fluvial é extenso. Entretanto, os leques podem também desenvolver-se em clima úmido se a diferença de relevo e o suprimento de sedimentos for apropriado. Nestes casos é difícil a separação entre uma sedimentação em leques e aquela relacionada a rios entrelaçados (*braided*). Em certos locais, os cones podem ainda formar-se junto a corpos d'água (lagos ou rios) desenvolvendo uma porção distal subaquática.

A interpretação dos processos deposicionais atuantes nos leques aluviais resulta da observação de leques modernos e da análise dos produtos sedimentares observados nos leques antigos. Quatro tipos principais de sedimentos são reconhecidos, associados a processos distintos mas interrelacionados (Nilsen 1982): fluxos de detritos *(debris flow,* com alta viscosidade), depósitos em lençol *(sheet flood deposits),* de *canal (stream channel deposits)* e de peneira (*sieve deposits*), os três últimos em fluxo fluido e baixa viscosidade. Os depósitos de alta viscosidade formam-se durante as fases de chuvas torrenciais, enquanto os de baixa viscosidade resultam do retrabalhamento pela água de sedimentos previamente acumulados.

Os depósitos de fluxos de detritos representam um dos membros de uma seqüência contínua de sedimentos relacionados a movimentos de massa gravitacionais (Walker 1976, códigos introduzidos por Miall 1977). São reconhecidos na forma de extensas unidades maciças de cascalhos sustentados por matriz argilosa *(muddy-matrix supported gravel*), sem embricamento nem estratificação (fácies *Gms).* Esta fácies é particularmente característica dos leques aluviais, embora não seja exclusiva deste ambiente. Aparece principalmente nas porções proximais dos leques, com forma lobada, tendendo a concentrar partículas maiores no topo e na parte externa dos lobos.

Quanto aos depósitos de retrabalhamento pela água (baixa viscosidade), predominam na porção proximal dos leques, cascalhos grossos sustentados pelo grão (*clast supported coarse gravel*), com estratificação horizontal e imbricamento comuns (fácies *Gm).* Esta fácies pode ser originada em barras longitudinais, depósitos de fundo de canal e depósitos de peneira. A jusante, nas porções mais distais, ocorre um acréscimo em areias com estratificação cruzada planar (fácies *Sp*, principalmente de barras linguóides

transversais), com transições para cascalhos finos sustentados pelo grão *(clast-supported fine-grained gravel)*, através de areia e cascalho suportado por matriz arenosa (fácies *Gp, sand matrix-supported gravel to sand*). Depósitos pouco expressivos de areias laminadas horizontalmente (fácies *Sh*, de fluxo planar do leito) e de argilas laminadas ou maciças (fácies *Fl e Fm,* de transbordamento do leito) também aparecem a jusante (Figura 24).

Seqüências sedimentares de leques mostrando granodecrescência ascendente têm sido geralmente interpretadas como evidência de tectonismo sinssedimentar intenso, com rejuvenescimento do relevo, permitindo a progradação de detritos grossos sobre outros finos, distais, previamente depositados. De posse desses dados sobre tectonismo, a caracterização das associações de fácies típicas de leques aluviais, assim como outras que definem ambientes distintos (planícies aluviais, depósitos costeiros, eólicos, etc), permite interpretar a situação do leque no contexto regional, auxiliando assim na definição da interrelação dos diversos sistemas deposicionais envolvidos.

4.2.3.2. As rochas conglomeráticas de Diamantina no contexto

Os conglomerados diamantíferos da região de Diamantina apresentam certas peculiaridades nas diversas áreas onde afloram, porém os estudos ora desenvolvidos demonstraram que estas diferenças não implicam em mudanças significativas no ambiente de sedimentação. Os dados sedimentológicos e faciológicos levantados indicaram que a superposição dos efeitos de dobramentos com os de erosão determinaram que restassem expostos, na atualidade, apenas certas porções dos diversos sistemas de leques aluviais originais.

Na área de Sopa-Guinda esta soma de efeitos permitiu que no presente aflore somente as partes distais de um desses sistemas de leques aluviais, com vários lobos amalgamados, enquanto em Extração está exposta aflorando a porção proximal, muito espessa, de um outro sistema semelhante. As demais partes dos leques, nas respectivas áreas, estariam erodidas ou encobertas por sedimentos mais novos do próprio Supergrupo Espinhaço. Na área de Datas, apesar da deformação mais intensa, parecem ocorrer as partes medianas de mais um desses sistemas de leques, conforme pode ser observado pelas características de espessura e volume, além da existência de diversos níveis conglomeráticos métricos intercalados com quartzitos. As principais feições apresentadas pelos depósitos conglomeráticos nas três áreas citadas podem ser distingüidas com perfeição no modelo de um sistema de leques aluviais típico, conforme descrito por McGrowen & Groat (1971), o qual é mostrado na Figura 24.

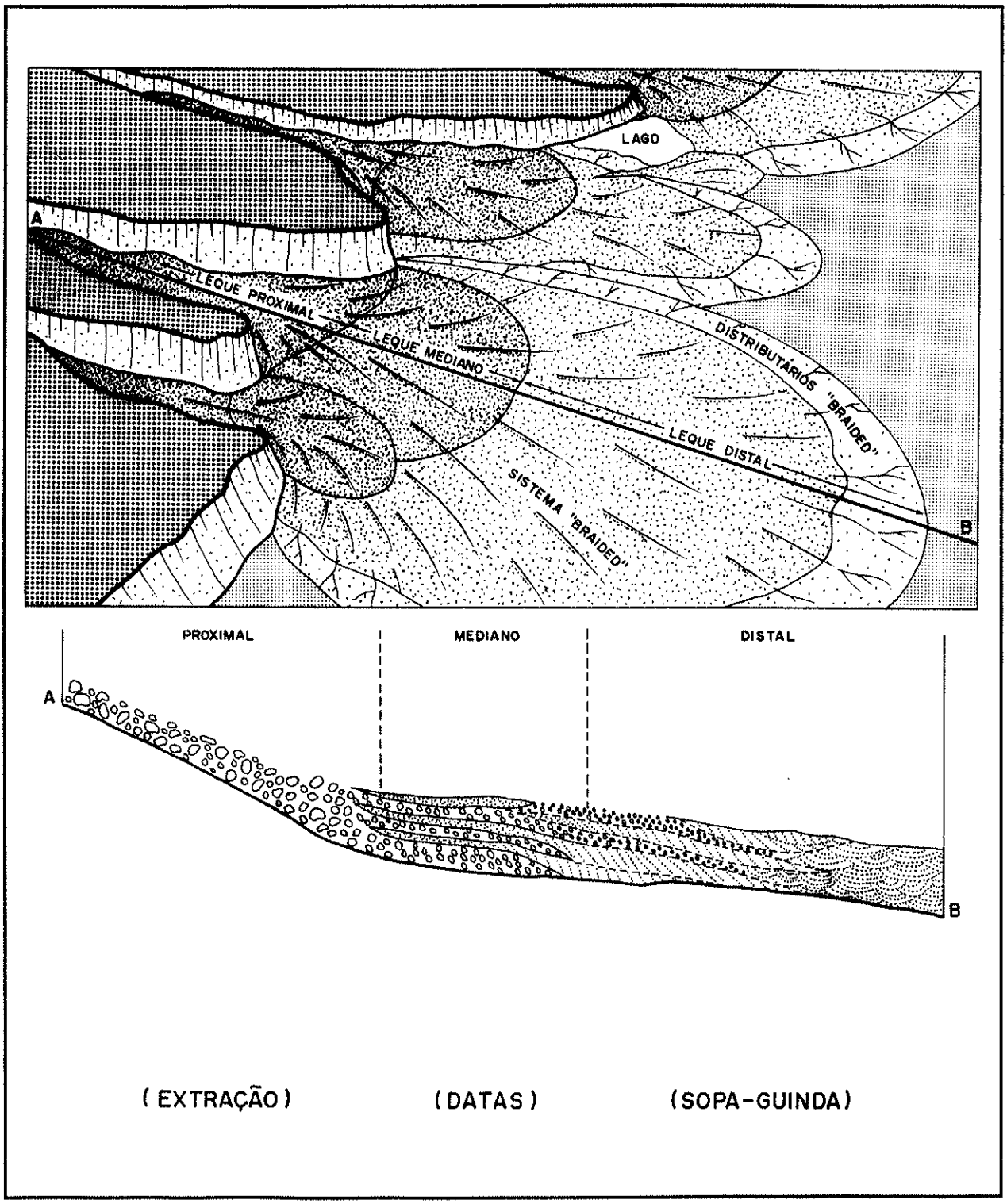


Figura 24: Esquema geral de um ambiente de leque aluvial (modificado de McGowen & Groat 1971), com uma proposta para o posicionamento dos conglomerados diamantíferos do Distrito de Diamantina (campos de Extração, Datas e Sopa-Guinda) nesse contexto .

O Conglomerado Sopa é assim considerado como um depósito de baixa viscosidade, resultante do retrabalhamento pela água de sedimentos previamente acumulados. O aporte do diamante neste contexto pode ser relacionado a uma área fonte que não estaria muito distante do sítio de sedimentação do conglomerado. Um dos principais aspectos a respeito dessa rocha e sua relação com esta área fonte é a presença conspícua de intraclastos de conglomerado (Figura 21). Em um desses clastos foi observada ainda uma outra geração de conglomerado, indicando o retrabalhamento contínuo de várias gerações de rochas conglomeráticas. Assim sendo, apesar da área fonte do Conglomerado Sopa estar nas proximidades, não necessariamente os diamantes nele contido precisam ter uma origem magmática próxima. A este respeito deve ser ainda destacado o fato de que a análise química da matriz dos conglomerados não demonstrou nenhuma evidência da presença de elementos ligados a rochas ultramáficas e/ou alcalinas.

Também portadores de diamantes, os paraconglomerados brechóides são rochas de matriz pelítica com clastos de quartzito arroxeado e quartzo leitoso (estes raros). A interpenetração observada do material argiloso da matriz com os clastos indica uma provável origem relacionada a fluxos de detritos de alta viscosidade (*debris flow*) semi-consolidados, formados durante fases de chuvas torrenciais. Como fluxos de detritos são processos de extensão relativamente curta (Nilsen 1982), e ainda como esses conglomerados não apresentam características que permitam considerá-los de origem fluvial, os diamantes devem ser originados de rochas localizadas próximas dos locais de deposição. As únicas litologias adjacentes reconhecidamente diamantíferas são os conglomerados do tipo Sopa, situados logo abaixo na coluna estratigráfica, os quais assim forneceram localmente os sedimentos para as rochas brechóides. Essas rochas possuem teores médios em diamantes muito variáveis, desde inexpressivos (Campo de Sopa-Guinda em geral), até bastante razoáveis como em São João da Chapada (0,2 ct/m^3, vide Tabela 12), significando assim o menor ou maior aporte de material originado diretamente do Conglomerado Sopa.

4.2.4. Dados econômicos

Um dos maiores motivos de discrepâncias encontrado na literatura ou em relatórios técnicos versando sobre a geologia econômica do Conglomerado Sopa, diz respeito aos teores médios verificados nos vários locais onde ele tem sido prospectado (Tabela 12). A experiência acumulada na pesquisa de depósitos sedimentares tem demonstrado que a obtenção de um teor confiável em determinada área requer a lavra "experimental" de pelo menos 200.000 m^3 de material (R. Fleischer 1993, comunicação verbal). No caso dos corpos

conglomeráticos, portanto, isto implicaria na lavra praticamente total do depósito, visto que apenas no Campo de Extração volumes superiores àquele são verificados.

Por esta razão, muitas vezes são encontradas diferenças relativamente altas entre os dados de uma mesma lavra, pois estes dados estão baseados em amostragens pequenas de pontos distintos do depósito, que possuem todas as suas variáveis geológicas pertinentes à deposição original dos conglomerados. Por isso, sempre que possível, preferiu-se nas interpretações o cálculo da média entre os "teores médios" fornecidos na literatura ou com os dados coletados pelo autor no campo. Em áreas com escassos trabalhos de pesquisa, portanto, os dados de teores devem ser tomados com reservas.

Na área de Sopa-Guinda, as cubagens expeditas efetuadas em vários corpos conglomeráticos durante o presente estudo, demonstraram a existência de volumes originais bastante reduzidos (não estão descontadas as seções de rocha já lavradas por garimpeiros):

-Lavrinha: 152.100 m^3

-Brumadinho: 108.000 m^3

-Damásio: 71.500 m^3

-Diamante Vermelho: 24.200 m^3

Nessas lavras, o teor diamantífero médio é o mais baixo verificado no Distrito de Diamantina, variando de 0,03 ct/m^3 nas lavras Caldeirões e Brumadinho, até próximo de 0,01 ct/m^3 na Lavrinha (P. Akira-Ono 1987, comunicação verbal). Os diamantes encontrados na área são na maior parte menores que 0,5 ct (95 %), apesar de esporadicamente aparecerem cristais de peso superior a 10 ct. Em 1972, foi encontrado um diamante com 27,3 ct (o maior já noticiado neste campo), em um pequeno garimpo ao norte de Sopa, e a maior pedra ultimamente produzida na lavra mecanizada dos Caldeirões pesou 19,5 ct, extraída em 1988.

No Campo de Datas, os volumes de rocha conglomerática são relativamente superiores: na Lavra Vintém, 360.000 m^3 (cubagem expedita efetuada pelo autor) e na Lavra dos Ingleses, 130.000 m^3 (Oliveira Filho 1990). Os teores são também maiores; um trecho garimpado da Lavra Datas de Cima, acompanhado pelo autor, mostrou um teor de 0,09 ct/m^3 em cerca de 100 m^3 tratados. Dados semelhantes são fornecidos por Oliveira Filho (1990) referindo-se a um teor médio de 0,085 ct/m^3 na Lavra dos Ingleses. Caracterizam ainda esta área, uma alta relação de diamantes gemas em relação aos industriais (82/18 %) e o achado periódico de pedras com boa quilatagem, sendo que a mais conhecida pesou 23 ct, encontrada em 1963 em um terraço do Ribeirão Datas próximo à cidade de mesmo nome.

Tabela 12: Dados econômicos a respeito dos diamantes no Conglomerado Sopa nos diversos campos do Distrito de Diamantina.

CAMPO DIAMANTÍFERO	LAVRA	TEOR MÉDIO (ct/m^3)	MÉDIA (M) ou MEDIANA (m) (ct)	MAIOR DIAMANTE (ct)	RELAÇÃO GEMA / INDÚSTRIA
Sopa-Guinda	Lavrinha	0,012[1]	(M) 0,14[12]	5,5[12]	85/15[12]
	Caldeirões	0,035[1]	(M) 0,17[1]	19,5[1]	80/20[1]
São João da Chapada	Campo Sampaio	0,200[2] 0,225[3]	(M) 0,65[2] (m) 0,95[3]	19,0[2] 15,0[3]	85/15[2]
Datas	dos Ingleses	0,085[4] 0,048[12]	(M) 0,65[4]	19,0[12]	75/25[2]
	Datas de Cima	0,090[12]	(M) 0,45[12]	15,5[12]	95/05[12]
Extração	Boa Vista	0,075[5] 0,067[7]	(M) 0,26[6] (m) 0,26[7]	49,8[3]	81/19[7]
	Serrinha	0,052[8] 0,030[9] 0,025[10]	(M) 0,57[8] (m) 0,75[3]	64,4[12]	100/0[8]
	Cavalo Morto	0,052[11]	(M) 0,26[11] (m) 0,65[3]	(?)	90/10[11]

Referências:

[1] P. Akira-Ono - Eminosa Mineração (1987, comunicação verbal);

[2] Victor Siao - Braspedras Ltda (1986, comunicação verbal);

[3] Haralyi *et al.* (1991);

[4] Oliveira Filho (1990);

[5] Harger (1921);

[6] Bousquet (1935);

[7] Haralyi & Svisero (1986);

[8] Pereira & Silva (1986);

[9] Souza (*in* Abreu 1960);

[10] McCarthy (1943);

[11] Gonçalves (1981);

[12] Dados coletados pelo autor.

A área de Extração, conforme anteriormente mencionado, apresenta os mais significativos parâmetros econômicos verificados em todo o distrito. Pesquisas minerais e a concomitante lavra de milhares de metros cúbicos de conglomerado, têm possibilitado um razoável acervo de dados sobre reservas e teores. As três principais lavras - Boa Vista, Serrinha e Cavalo Morto, possuem dados de pesquisa mineral:

- Boa Vista, 2.500.000 m^3 de conglomerado com um teor médio de 0,067 ct/m^3 (Haralyi & Svisero 1986), ou de 0,074 ct/m^3 (Harguer 1921), e média de peso dos diamantes de 0,26 ct obtido de um lote de 6163 diamantes (Bousquet 1935);

-Serrinha, 1.500.000 m^3 de rocha com um teor de 0,025 ct/m^3 (McCarthy 1943);

-Cavalo Morto, 300.000 m^3 com 0,052 ct/m^3 (Gonçalves 1981).

Esses diferentes dados, obtidos de quatro locais distintos, permitem considerar razoavelmente como um teor médio de 0,055 ct/m^3 para os conglomerados deste campo. Além do fato de que os maiores diamantes encontrados no Distrito de Diamantina foram produzidos nesta área, são também significativas as relações gema/indústria. Esta relação é de 90/10 % na Lavra Cavalo Morto (Gonçalves 1981) e de 81/19 % na Lavra Boa Vista (Haralyi & Svisero 1986), ou seja, uma relação média gema/indústria de aproximadamente 85/15 %, semelhante portanto à verificada no Campo de Datas.

Pertencem ao campo de São João da Chapada os primeiros depósitos secundários mineralizados descobertos na região de Diamantina (1850/1851), que constituem as lavras do Duro e do Barro, atualmente interligadas, situadas logo a oeste do vilarejo de São João da Chapada (Figura 11). Essas lavras estiveram sob garimpagem intermitente até 1980 (Almeida-Abreu 1981), mas desde então as atividades foram paralisadas. A cerca de 5 km a oeste delas, estão as lavras Água Fria, Pagão e Campo Sampaio. A Lavra do Pagão, outrora célebre, produziu só no período entre 1824 e 1836 cerca de 20.000 ct de diamantes, embora apenas os cascalhos coluviais tenham sido trabalhados (Moraes 1934). Ainda segundo este autor, as rochas aqui consideradas como paraconglomerados brechóides foram descobertas no local em 1915, quando foi encontrado um diamante pesando 9,25 ct, provavelmente o maior da lavra.

Na Lavra do Campo Sampaio, originalmente ocorriam cerca de 525.000 m^3 de conglomerados e brechas diamantíferas, dos quais cerca de 2/3 já foram explorados. Os teores são os mais altos verificados no Distrito de Diamantina, variando entre 0,20-0,25 ct/m^3, mas localmente chegando até 0,70 ct/m^3 (V. Siao 1990, comunicação verbal). Outros dados importantes foram verificados no estudo de uma partida de 756 diamantes extraídos do local: tamanho médio de 0,65 ct e apenas 1 % de "fazenda fina", isto é, cristais de peso inferior a 0,10 ct. O maior diamante encontrado nesta lavra, durante as últimas décadas, pesou 19 ct.

T 2399
ex. 2

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

4.3. DEPÓSITOS FANEROZÓICOS

Não existem registros ao longo da Serra do Espinhaço e adjacências de depósitos relacionados à Era Paleozóica. A razão deste fato, conforme já destacado no Capítulo 3.5.3, deve-se provavelmente ao soerguimento tardio do Espinhaço, ocorrido somente a partir do Mesozóico em associação com a fragmentação do Gondwana. A recente constatação de uma assembléia de diques basálticos datados no limite Triássico/Jurássico (Dussin *et al.* 1995), antes atribuídos genericamente ao Proterozóico Superior, veio assim demonstrar a fase de extensão crustal prévia ao soerguimento Juro-Cretácico.

A partir do Cretáceo Inferior, ocorreu a oeste da Serra do Espinhaço a sedimentação da Formação Areado, fazendo parte da protobacia do São Francisco. Na região estudada, esses depósitos afloram atualmente apenas na área da Serra do Cabral, onde serão descritos em capítulo específico (Capítulo 6). No Distrito de Diamantina depósitos atribuíveis ao Cretáceo Inferior, os quais representam a sedimentação ocorrida na protocalha do Rio Jequitinhonha, foram descobertos pelo autor no decorrer deste trabalho e são considerados diamantíferos. Depósitos fanerozóicos mais recentes, também portadores de diamantes, são os colúvios situados nas partes mais altas da serra e os aluviões que ocorrem generalizadamente no espigão serrano ou bordejando o mesmo.

4.3.1. Conglomerados cretácicos

Estas rochas, equivalentes ao Membro Abaeté (Formação Areado) da bacia do São Francisco, apresentam poucos relictos a leste da Serra do Espinhaço, no Distrito de Diamantina. Elas são conhecidas genericamente pelos garimpeiros como "cascalheiras altas" e mesmo pelos geólogos têm sido interpretadas como terraços terciários deixados pelos rios maiores. Tais depósitos podem aparecer também consolidados, constituindo conglomerados, e assim as cascalheias que restam nos altos da paisagem são relictos deles onde os seixos ficam dispersos, soltos pelo solo atual. A Figura 25 mostra os locais onde depósitos deste tipo foram observados.

Os conglomerados em questão foram atribuídos ao Cretáceo Inferior neste trabalho, pela semelhança nas cotas em que ocorrem (940-1000 m) com os depósitos relíquiares que afloram na região da Serra do Cabral (Karfunkel & Chaves 1994,1995) e ainda a oeste do Rio São Francisco em larga faixa que vai de São Gotardo-Tiros, ao sul, até João Pinheiro, ao norte (Ladeira & Brito 1968).

Na região do Rio Jequitinhonha, esses conglomerados não são passíveis de serem designados formalmente. pois os raros afloramentos existentes não permitem um

mapeamento em escala menor que 1:10.000. Ao contrário do que ocorre na bacia do São Francisco, onde durante o Cretáceo ocorreu extensa deposição das formações Areado e Urucuia, o embaciamento a leste do Espinhaço foi precocemente abortado, só havendo sedimentação nas partes proximais junto ao espigão serrano.

A espessura dos corpos de conglomerado varia entre 1,5 e 4,0 m, os quais sobrepõem-se a metapelitos e tilitos do Grupo Macaúbas e são capeados por uma espessa cobertura laterítica que pode alcançar em certos locais mais que 100 m. As melhores exposições desta rocha podem ser observadas nas proximidades do vilarejo de Berimbau, Itamarandiba, e na faixa entre Senador Mourão e Senador Modestino Gonçalves, ao norte de Diamantina (Foto 9). Tratam-se de três ou quatro horizontes distintos, separados por níveis de arenito fino/siltito de 1,5 a 5,0 m de espessura, todos apresentando acamamento sub-horizontal. Os conglomerados são clasto-sustentados com imbricamento nítido; os seixos, predominantemente de quartzito e quartzo, são bem arredondados com média de 7-10 cm de diâmetro, podendo alcançar 30 cm no eixo maior. A matriz é síltica, esverdeada (Berimbau), até arenosa média mal selecionada (Senador Mourão).

A esfericidade e o arredondamento, bem como a composição dos clastos, demonstram alta maturidade. A análise das direções de transporte a partir do imbricamento destes, em diversas localidades (Figura 25) indica uma baixa dispersão, sendo que a maioria das ocorrências a oeste do Rio Jequitinhonha mostra o vetor principal para NE; já aquelas da parte leste do mesmo rio têm direção para NW. Apesar dos afloramentos serem escassos, pode ser sugerido que a protocalha do Rio Jequitinhonha deveria estar situada nas proximidades da atual.

4.3.2. Depósitos coluvionares

Os depósitos coluvionares, designados de "gorgulhos" pelos garimpeiros das regiões de Diamantina e de Grão Mogol, constituem atualmente os principais alvos de garimpagem nos altos serranos, pela facilidade de sua extração e existência ainda de largas áreas pouco exploradas. Excelentes exposições de colúvios ocorrem nos quatro campos diamantíferos pesquisados no Distrito de Diamantina. São depósitos muito semelhantes, os quais foram estudados em detalhe no Campo de Sopa-Guinda, onde no presente estão sendo lavrados principalmente nos arredores da estrada que liga Guinda a Sopa (Foto 10). O material coluvionar e o seu solo de recobrimento foram amostrados visando estudos sedimentológicos nesta última área, a leste da Lavra Diamante Vermelho, em um garimpo logo ao norte do vilarejo de São João da Chapada, e ainda na Lavra Serrinha, Campo de Extração, a partir da coleta de 5 kg de material coluvionar e 1 kg de solo.

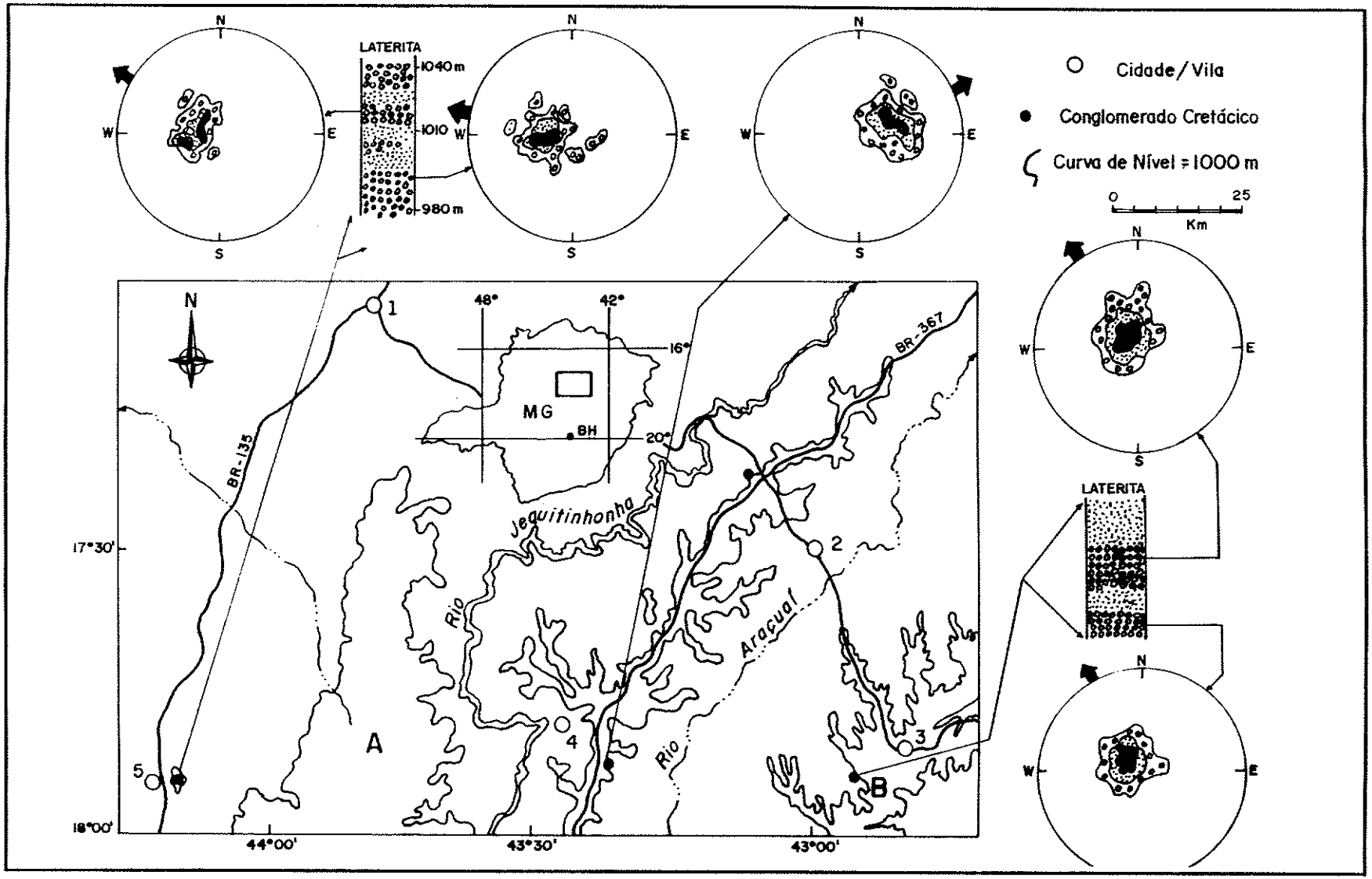


Figura 25: Locais de ocorrência e direções de transporte dos conglomerados cretácicos na Protobacia do Rio Jequitinhonha. Cidades: (1) Bocaiúva, (2) Capelinha, (3) Itamarandiba, (4) Senador Mourão, (5) Buenópolis. A=Serra do Espinhaço, B=Serra Negra.

As principais características a respeito da granulometria dos depósitos coluvionares e do seu solo de recobrimento, nas áreas de Sopa-Guinda, São João da Chapada e Extração, são mostradas na Tabela 13 e na Figura 26. Comparação com material do mesmo tipo proveniente da região de Grão Mogol, onde também é alvo de garimpagem, demonstra a forte semelhança desses depósitos ao longo da Serra do Espinhaço. Os colúvios ocorrem discordantemente sobre todas as unidades geológicas pré-cambrianas na Serra do Espinhaço e também nas encostas da Serra do Cabral. No Espinhaço Meridional, entre as cotas 1200-1400 m e onde afloram litologias conglomeráticas da Formação Sopa Brumadinho, a presença de diamantes é sempre verificada nesses depósitos.

Os depósitos coluvionares constituem em geral horizontes de coloração avermelhada, de espessura variável entre 0,80 m até alguns poucos centímetros, observando-se o adelgaçamento dos mesmos em direção às partes mais baixas do relevo, conforme pode ser observado no mapa de isópacas da Figura 27. Os fenoclastos são constituídos exclusivamente por fragmentos de quartzo anguloso, em matriz formada na maior parte de areias também compostas por quartzo e mais raramente microfragmentos de quartizto e filito (estes últimos apenas em Guinda).

Tabela 13: Granulometria dos depósitos coluviais diamantíferos e do seu solo de recobrimento nas áreas de Sopa-Guinda, São João da Chapada e Extração, Distrito de Diamantina, e dos seus congêneres no Distrito de Grão Mogol.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de percentagem em peso)							
		GUINDA		S.J.CHAPADA		EXTRAÇÃO		GRÃO MOGOL	
mm	ϕ	Colúvio	Solo	Colúvio	Solo	Colúvio	Solo	Colúvio	Solo
>4	-2	37,5	-	62,2	-	-	-	58,6	1,5
2	-1	31,8	2,1	18,0	5,2	69,1	-	21,2	5,1
1	0	2,2	6,1	3,0	2,7	7,4	33,8	2,0	3,9
0,5	1	4,5	9,9	1,5	3,0	5,3	11,0	2,2	9,7
0,25	2	7,7	45,9	1,1	43,5	12,7	39,1	6,7	32,6
0,125	3	9,2	27,7	8,1	35,2	3,1	11,2	6,1	32,1
0,062	4	5,5	6,4	4,0	9,0	1,9	3,7	2,7	13,2
0,002	5	0,6	1,2	0,4	0,8	0,4	0,8	0,3	0,4
<0.002	6	0,9	0,8	0,5	0,6	0,1	0,3	0,1	1,4

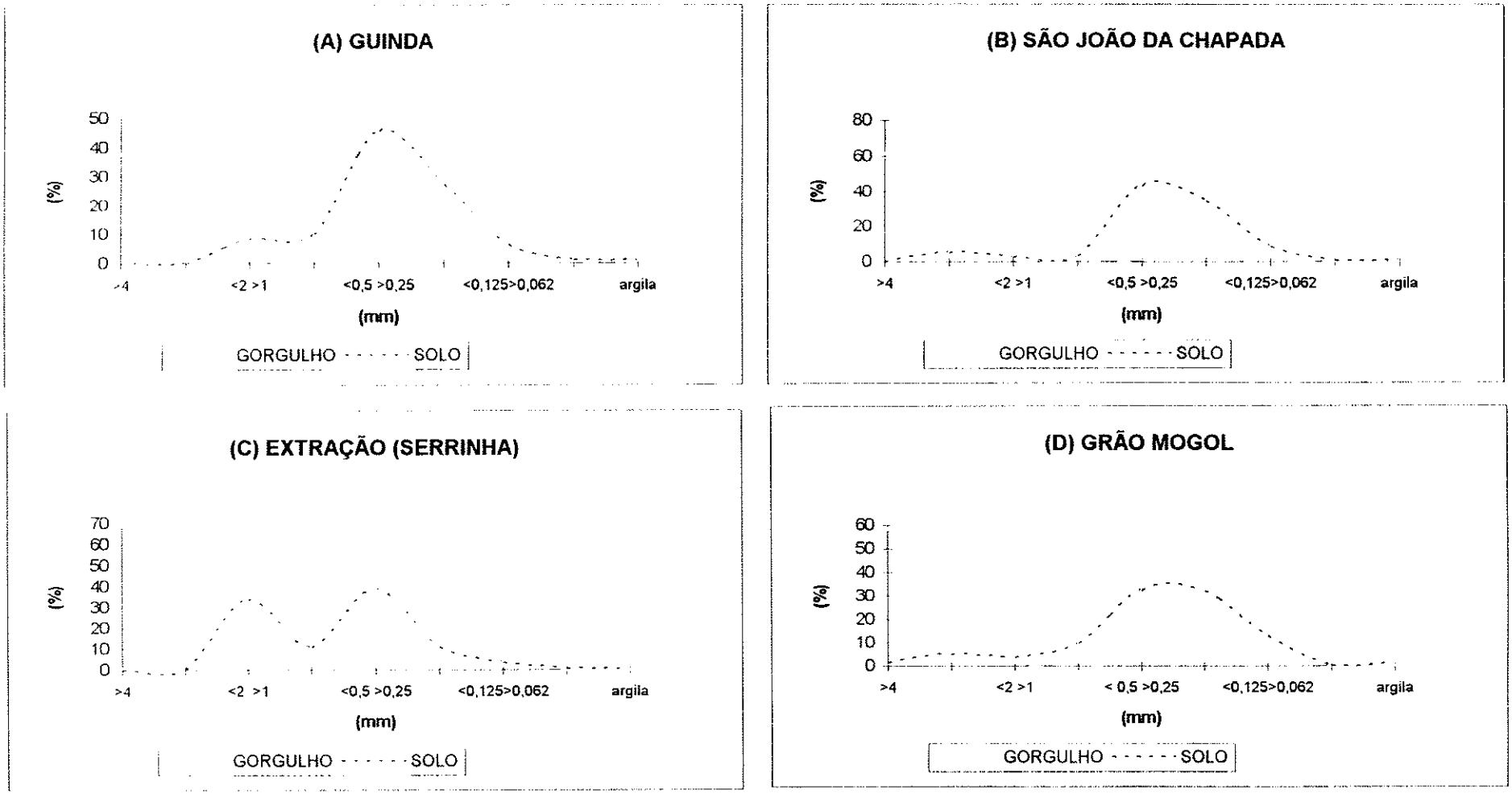


Figura 26: Gráficos mostrando a distribuição da granulometria dos depósitos aluvionares e do seu solo de recobrimento nos distritos de Diamantina (A,B,C) e Grão Mogol (D)

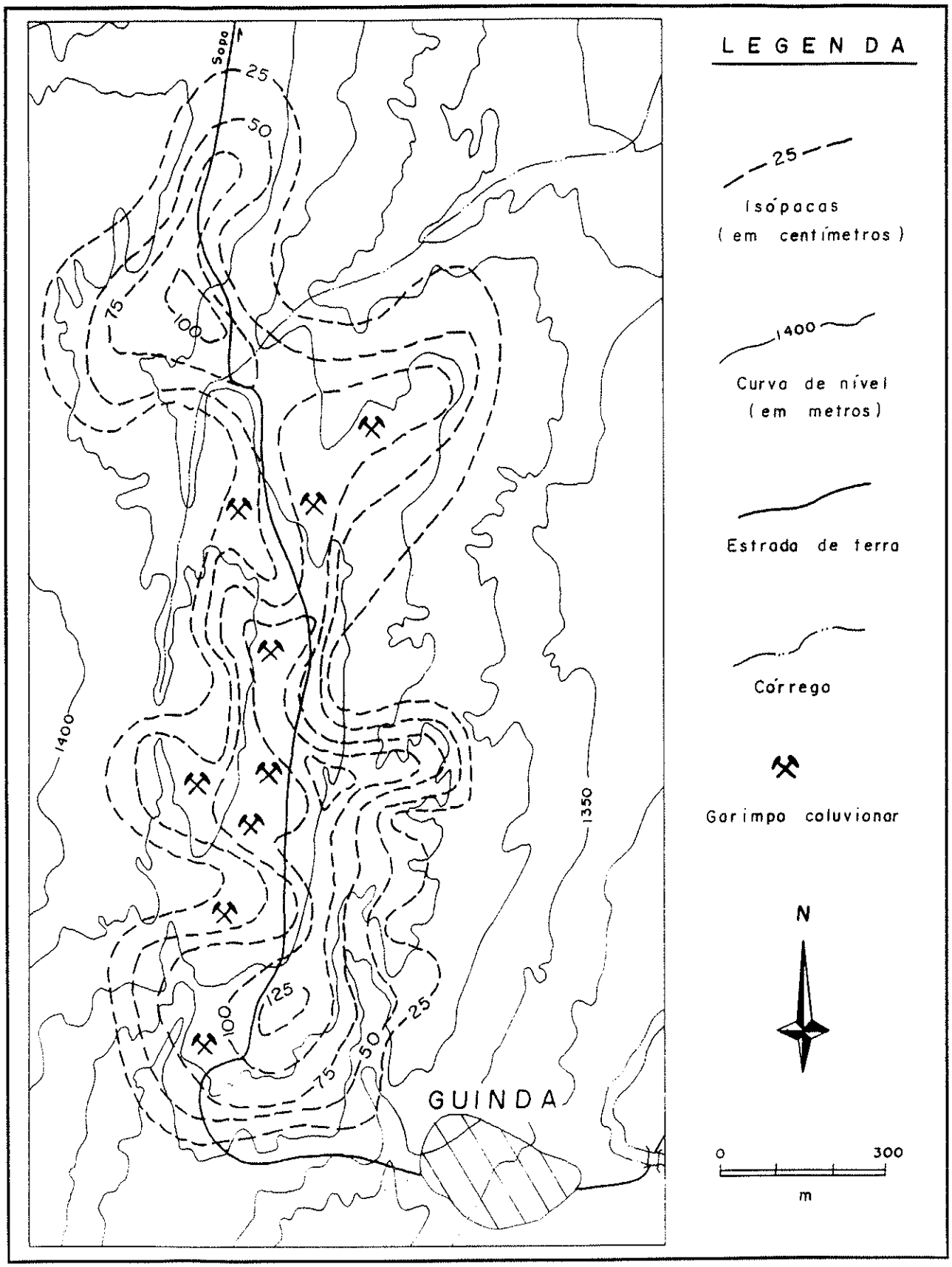


Figura 27: Mapa de isópacas do colúvio diamantífero ao norte de Guinda.

Foto 9: Seqüência cretácica que ocorre a leste da Serra do Espinhaço, observando-se a alternância de níveis conglomeráticos com níveis arenosos. Fazenda Matão, Senador Mourão.

Foto 10: Depósito coluvionar diamantífero, destacando-se a irregularidade de seu contato basal com metapelitos da Formação Sopa Brumadinho. Corte de garimpo próximo a estrada Guinda-Sopa, logo ao norte de Guinda.

O maior clasto de quartzo em Guinda possuía um diâmetro médio de 4,5 cm, semelhantemente ao observado em São João da Chapada (4,3 cm) e também em Grão Mogol (4,1 cm). A fração silte/argila é muito pouco significativa, sempre inferior a 2 % do peso da amostra, mesmo considerando-se uma possível perda desta nas frações mais grosseiras devido a abundância em hidróxidos de ferro na matriz (daí a cor vermelha do sedimento). Nas duas localidades citadas, a fração areia fina foi examinada sob lupa binocular, revelando a existência de grãos subangulosos a subarredondados, deixando ver superfícies arredondadas de abrasão provavelmente devidas a ação eólica.

As feições mais importantes desses depósitos indicam que os fragmentos de quartzo foram "quebrados" de seus veios hospedeiros, junto com as encaixantes, em um período de aridez acentuada sob situações de quase completa ausência de vegetação. Posteriormente, por ocasião de um clima mais úmido, eles foram "lavados" encosta abaixo durante períodos de enxurradas, sendo que os fragmentos de rochas, os quais são mais friáveis, foram quase todos levados para o sistema fluvial. O período árido parece estar associado ao último avanço glacial registrado no Hemisfério Norte (Würm-Wisconsin) no Pleistoceno Superior, ocorrido antes que 12.000 BP. Os processos que desmontaram os níveis *in situ*, permitindo sua posterior redeposição como colúvios, portanto, devem ser algo mais recentes, provavelmente logo da base do Holoceno, quando o suprimento de água foi maior. A formação do solo de recobrimento, normalmente pouco espesso, se daria assim desde esse período até o presente, sob regimes climáticos semelhantes aos dos dias atuais.

4.3.3. Depósitos aluvionares

Praticamente todos os rios, córregos e ribeirões que drenam as porções serranas do Espinhaço Meridional, possuindo algum trecho de seu curso na Formação Sopa Brumadinho, têm fornecido diamantes. Como esta formação apresenta ampla distribuição areal justamente na parte mediana central da serra (Figura 10), explica-se assim a notável quantidade de drenagens diamantíferas, todas elas mais ou menos exploradas durante os últimos três séculos. Neste contexto, destaca-se o Rio Jequitinhonha, que por receber as águas a leste do Espinhaço pode ser considerado, sem dúvida, o principal rio diamantífero do país. O Jequitinhonha tem as suas nascentes em Milho Verde, ao norte de Serro, cortando depois por longo trecho os municípios de Diamantina, Bocaiúva e Itacambira. Mesmo em localidades situadas muito mais a jusante, porém, são ainda verificadas ocorrências diamantíferas, como nas regiões de Virgem da Lapa e Araçuaí, devido à realimentação de diamantes a partir dos rios Macaúbas e Itacambiruçu, além de outros que drenam o Espinhaço Central.

Na área do Alto Jequitinhonha os vales são apertados e freqüentemente desenvolvem *canyons* ou mesmo sumidouros, ao atravessarem o conjunto quartzítico do Espinhaço, sendo nitidamente controlados pela estrutura serrana. Nesse domínio, o forte gradiente do rio e seus afluentes não propicia a formação de depósitos aluvionares largos ou espessos. A largura dos *flats* é quase sempre inferior a 50 m e os cascalhos diamantíferos raramente excedem 0,5 m de espessura. Em Mendanha, o Jequitinhonha alcança o seu curso médio, não mais acanalado, apresentando vales abertos onde aparecem seus terraços antigos e extensa planície de inundação. A partir desse local, os aluviões ganham maior importância graças aos fatores excepcionais que ocorreram para a acumulação de minerais pesados. O rio, que nasce em cotas ao redor de 1500 m, decresce para a altitude de 700 m na base da serra. Nesse intervalo de quase 100 km, o rio e sua rede de tributários recorta longos trechos de afloramento da Formação Sopa Brumadinho, e a queda brusca de gradiente a partir de Mendanha proporcionou a formação de extensos depósitos diamantíferos que permitem sua lavra em grande escala (Figura 28-A).

Desta maneira, são nos aluviões do Médio Jequitinhonha onde aparecem os mais importantes serviços de lavra do Distrito de Diamantina, uma vez que na parte serrana predominam os garimpos. O depósito que vem sendo lavrado por grandes companhias mineradoras, como a Tejucana e a Rio Novo, é composto de um capeamento arenoso, estéril, tendo em média 8 m de espessura e excedendo o leito atual do rio. Abaixo, ocorrem um ou dois níveis de cascalho mineralizado possuindo 4 m de espessura (média). De forma descontínua e lenticular ao longo da drenagem, aparece um nível superior de cascalho que pode ou não ser mineralizado, denominado de "urú" pelos garimpeiros. O cascalho urú tem características peculiares, pois é um cascalho pouco rolado, com laterita associada e mais pobre em minerais pesados, parecendo representar o aporte de sedimentos a partir de córregos tributários (R. Fleischer 1990, comunicação verbal). Já o cascalho mineralizado mostra sempre clastos muito arredondados e é rico em minerais pesados; entre dois níveis desse cascalho pode ainda aparecer uma areia aurífera, designada de "manteiga" pelos garimpeiros (Figura 28-B).

4.3.4. Dados econômicos

Os conglomerados que afloram a leste da Serra do Espinhaço entre as cotas 950-1000 m, são considerados neste trabalho como pertencentes ao Cretáceo Inferior. Não existe nenhum estudo ou serviço de prospecção sistemática envolvendo esses conglomerados. Sabe-se apenas por relatos de garimpeiros que ele é diamantífero em vários locais, mas como suas áreas de ocorrência são restritas e sempre posicionadas em trechos

isolados no alto da paisagem, ou seja, em situações de pouco ou nenhum suprimento de água e ainda com o recobrimento de um espesso manto laterítico, restringe-se assim suas possibilidades imediatas de aproveitamento econômico.

O potencial diamantífero regional desses conglomerados do Cretáceo pode ser considerado como uma função direta de suas áreas fontes. Assim sendo, as ocorrências de Senador Mourão, originadas de sudoeste (Figura 25), ou seja, da Serra do Espinhaço, são todas diamantíferas e já foram prospectadas por garimpeiros em diversos locais. Já aquelas com área fonte a leste (Serra Negra), onde só afloram seqüências consideradas mais antigas que o Supergrupo Espinhaço, nunca foram objeto de garimpagem, sendo provavelmente estéreis.

Nos depósitos coluvionares do Holoceno, o teor em diamante é sempre muito baixo, da ordem de 0,01-0,03 ct/m^3 conforme verificado no acompanhamento da lavagem de vários caminhões desse material em Guinda. Esse teor, porém, deveria ser ainda menor se não fosse o encontro periódico de diamantes com maior peso, na faixa de 1 a 5 ct, que aparecem com relativa freqüência. Esse fato provavelmente é devido à "lavagem" dos cristais menores durante os períodos de enxurradas torrenciais, típicas de ambientes áridos, ocorridos logo após a desagregação do diamante da matriz do Conglomerado Sopa. Como os colúvios são depósitos proximais, existe a tendência de permanecerem nestes os cristais de maior quilatagem derivados dos conglomerados contíguos.

Em relação aos depósitos aluvionares recentes (e sub-recentes) da região do Alto Rio Jequitinhonha, isto é, aqueles localizados a montante do vilarejo de Mendanha, bem como em todos os aluviões menores que drenam a porção serrana do Espinhaço, há quase 300 anos a única forma de mineração é a garimpagem, limitando assim um conhecimento seguro em relação a dados de produção e/ou teores. Em dois locais diferentes, o autor da presente Tese acompanhou a garimpagem semi-mecanizada em afluentes do Alto Jequitinhonha, conseguindo assim informações detalhadas a seu respeito.

No primeiro garimpo, situado no Córrego da Prata, 5 km a leste de Diamantina, foram extraídos cerca de 9200 m^3 de cascalho diamantífero, não se considerando o volume do capeamento arenoso, estéril. Foram recuperados 141 ct de diamantes, o que mostra um teor de 0,014 ct/m^3. A espessura média do cascalho nesse local foi de 0,50 cm e o capeamento estéril possuía uma espessura da mesma ordem. Na segunda área, situada na Fazenda Palmital, um trecho do Ribeirão do Inferno encaixado em quartzito (a cerca de 2 km ao sul de Extração), foi garimpado em vários pontos e, dos 170 m^3 de cascalhos lavrados, foram recuperados 78 ct de diamantes, conferindo ao depósito um teor de 0,46 ct/m^3. O cascalho mostrou uma espessura média de 0,30 m com um capeamento arenoso em geral da ordem de 0,20 m.

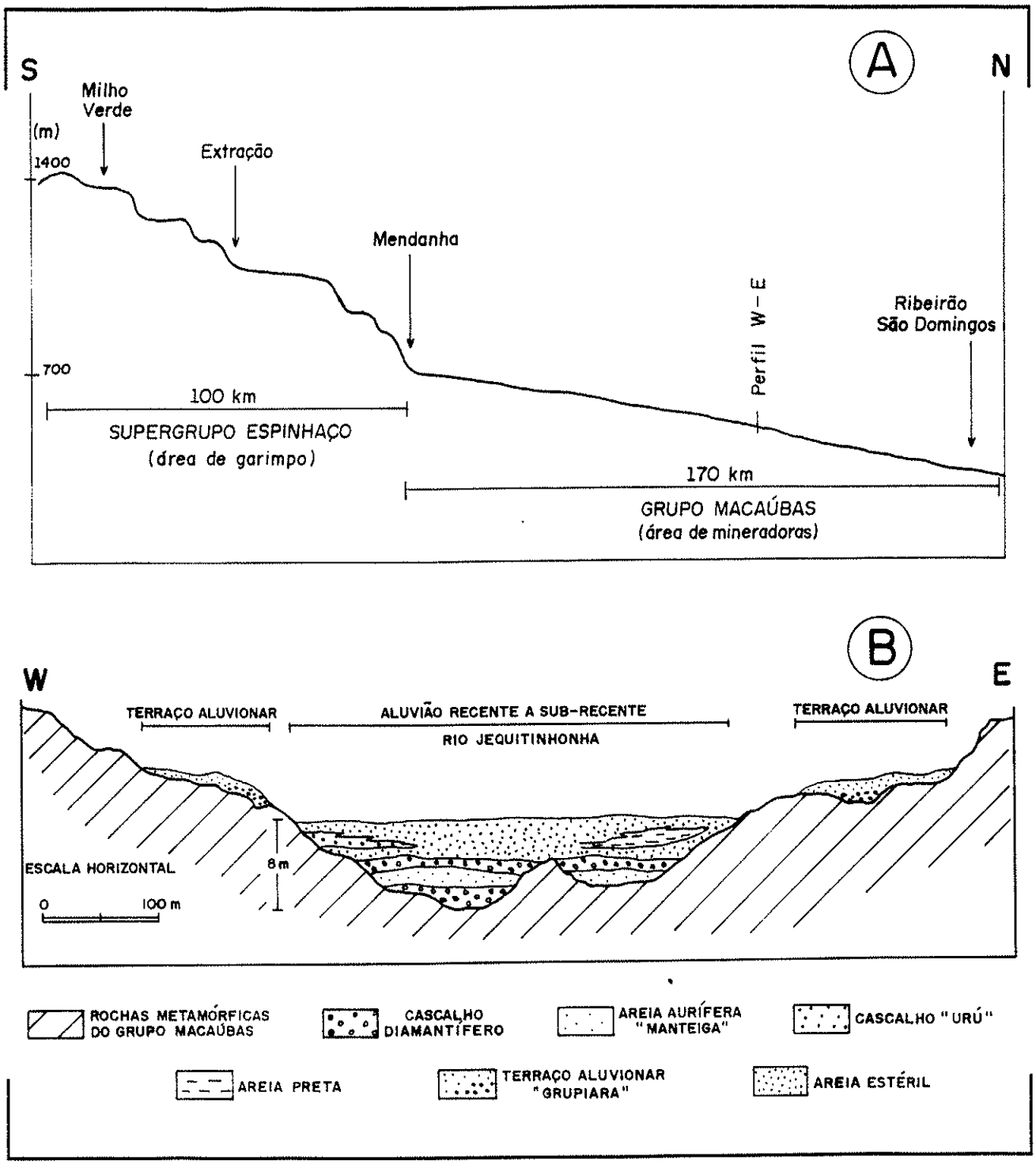


Figura 28: (A) Perfil topográfico esquemático mostrando o Rio Jequitinhonha desde as suas nascentes nas proximidades de Milho Verde (Serro), e a queda brusca de seu gradiente a jusante do vilarejo de Mendanha (Diamantina); (B) Seção ideal, transversal à calha do mesmo rio em seu curso médio, na área de lavra da Mineração Rio Novo (modificados de Chaves & Uhlein 1991).

Os dados mencionados revelam a forte variação dos teores de local para local. Segundo a informação de garimpeiros mais experientes da região, como o Sr. Hélio Fonseca, de Diamantina, os teores nas porções mais altas e encaixadas dos rios Jequitinhonha e de seus afluente principais como os rios Caeté-Mirim, Pinheiro e Ribeirão do Inferno, variam entre 0,01 e 1,0 ct/m^3, porém os cascalhos são pouco espessos e muitas vezes localizados em armadilhas naturais, o que em geral limita a economicidade dos depósitos. Essas informações foram corroboradas com o acompanhamento dos garimpos do Córrego da Prata e do Ribeirão do Inferno, anteriormente descritos.

Na região do Médio Jequitinhonha, o inverso tende a ocorrer. Os aluviões são largos, comportando um grande volume de cascalho, mas com teores em geral muito mais baixos. Essa situação favorece a lavra por grandes dragas de alcatruzes, como é o caso das que pertencem às companhias mineradoras Rio Novo e Tejucana. A jusante do vilarejo de Mendanha, os depósitos presentes na área da Mineração Rio Novo apresentam um teor médio de 0,036 ct/m^3, porém considerando o capeamento arenoso estéril, este teor cai para cerca de 0,012 ct/m^3 (Fleischer 1991). São desta área os diamantes examinados em detalhe na sede daquela companhia. Na área da Mineração Tejucana, situada a jusante no mesmo rio, os teores são progressivamente inferiores, diminuindo desde 0,10 ct/m^3 a montante até 0,004 ct/m^3 (considerando o capeamento estéril), a cerca de 60 km rio abaixo.

O comportamento espacial do horizonte mineralizado em um trecho selecionado do Rio Jequitinhonha (Figura 29), reflete com clareza a relação daquele nível com a cobertura arenosa estéril, assim como a maior espessura de ambos nas margens internas às curvas do rio. Como porém o *bed rock* é irregular, esses dados podem variar fortemente ao longo da drenagem, a exemplo de uma situação registrada por Fleischer (1991), onde até a profundidade de 50 m (limite de operação da draga) ainda não se havia chegado à base do nível mineralizado. Nos trechos em operação a largura dos *flats* pode variar entre 150 e 200 m (área da Mineração Rio Novo), até quase 2 km a dezenas de quilômetros rio abaixo (área da Mineração Tejucana). O reduzido teor em diamantes é porém compensado pelo grande volume de material lavrável, alcançando segundo Dupont (1991) a cerca de 400.000.000 m^3.

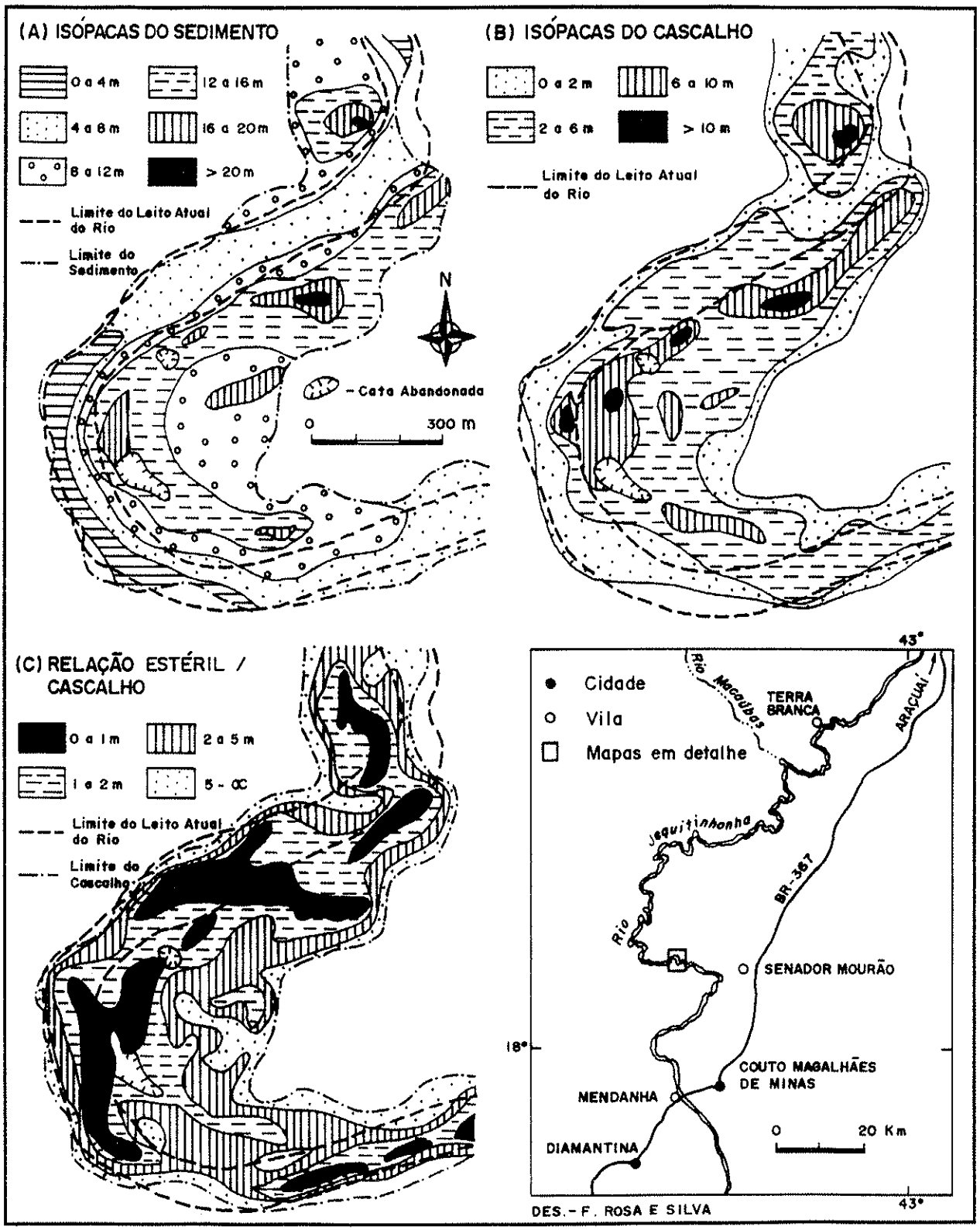


Figura 29: Exemplo de um aluvião diamantífero do Médio Rio Jequitinhonha, mostrando (A) isópacas do sedimento, (B) isópacas do cascalho e, (C) relação estéril/cascalho (modificado de Chaves & Uhlein 1991).

Deve ser ressaltado que os dados de teores são gerais, podendo ocorrer variações expressivas no Rio Jequitinhonha principalmente devido à chegada de afluentes que também são diamantíferos. Essa situação é particularmente importante a partir de Terra Branca e Caçaratiba, onde os teores "naturais" deveriam ser ínfimos, o que porém não ocorre devido ao Jequitinhonha receber vários afluentes que trazem diamantes (e carbonados neste local) desde o Espinhaço Central. Esse fator de realimentação dos aluviões vai permitir novamente o aumento dos teores, talvez para os mesmos patamares dos que ocorrem nas proximidades de Mendanha. Isto foi comprovado durante o acompanhamento do garimpo do Sr. Expedito Lima, onde de uma cata com 250 m^3 de cascalho "virgem", aberta logo abaixo da confluência do Rio Macaúbas, extraiu-se 35 ct de diamantes, demonstrando assim um teor de 0,14 ct/m^3.

Nas ilustrações da Figura 30 e Foto 11, observa-se o modelo geral de lavra que ocorre na região do Médio Rio Jequitinhonha, no caso representado pela área de operações da Mineração Rio Novo. Nesse exemplo, uma draga de sucção opera à frente retirando a cobertura arenosa estéril e deposita este material a jusante de uma outra draga, maior e de alcatruzes, a qual retira o cascalho basal diamantífero que é pré-concentrado na própria draga. O rejeito desta draga, acima de 1 polegada (≅2,5 cm) é também lançado a jusante do rio, portanto, diamantes com diâmetro superior a este são desprezados no processo de lavra por serem considerados raríssimos. Na sede de campo da companhia ocorre posteriormente a apuração final dos diamantes.

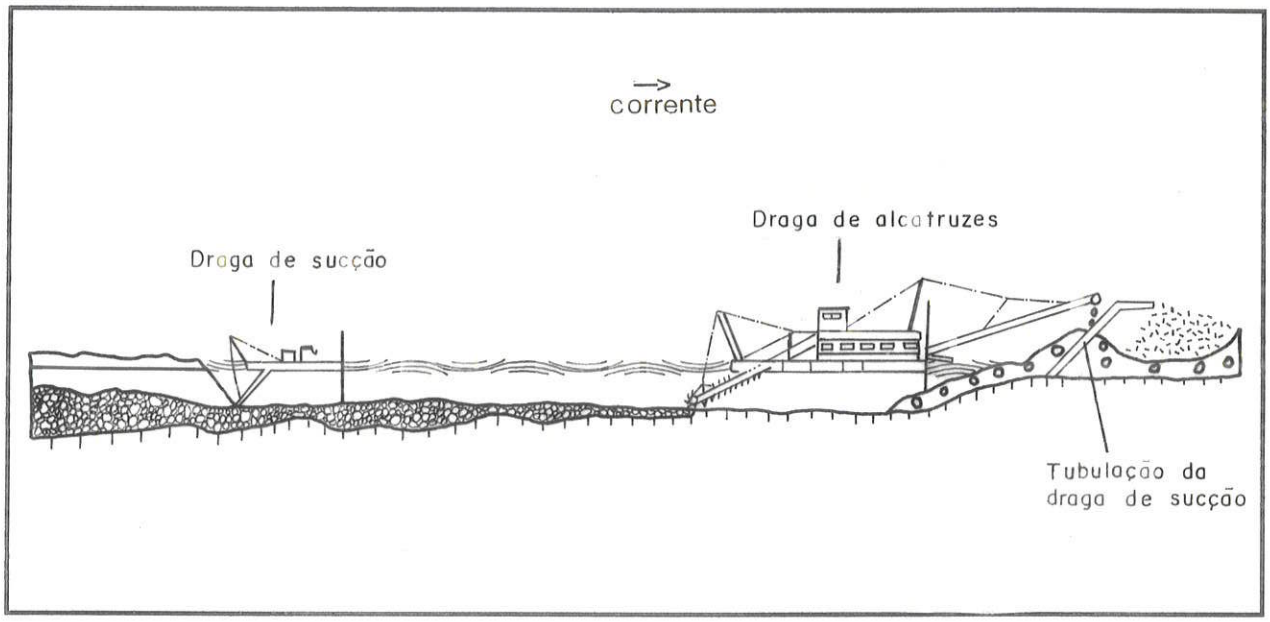


Figura 30: Método de lavra em execução nos aluviões diamantíferos do Médio Rio Jequitinhonha. Na frente, uma draga de sucção extrai o capeamento arenoso estéril, depositando-o atrás de uma draga de alcatruzes que recolhe o cascalho mineralizado.

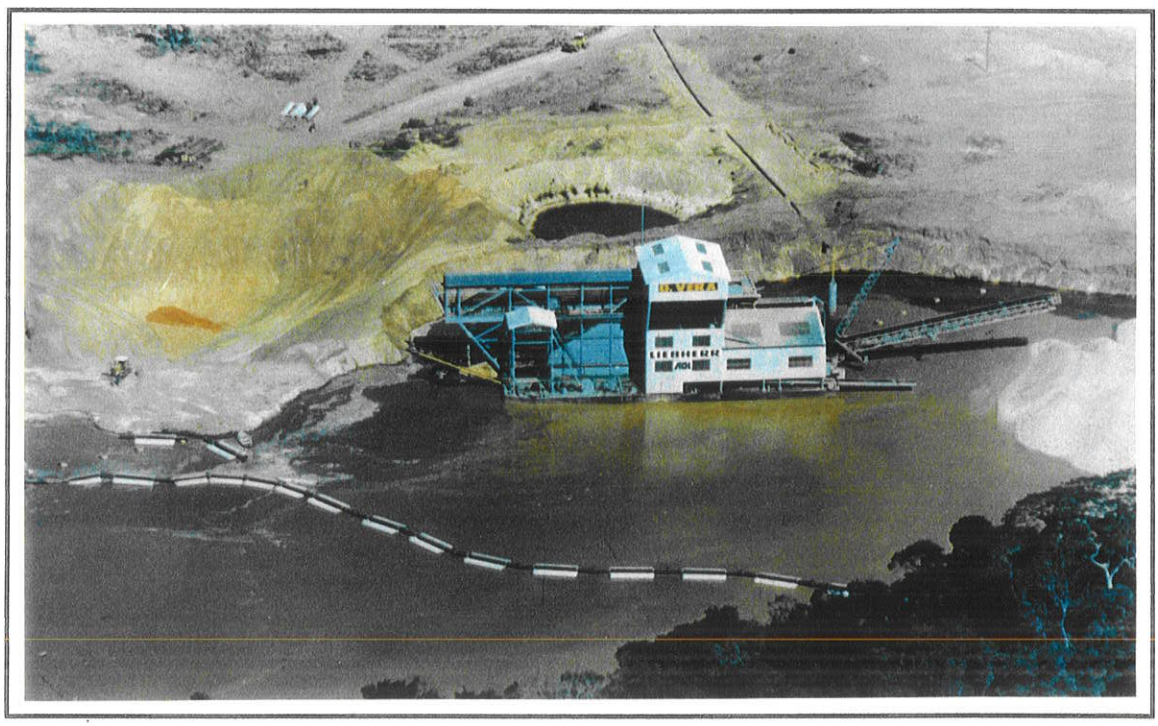


Foto 11: Vista aérea da draga de alcatruzes em operação no Médio Rio Jequitinhonha (cortesia da Mineração Rio Novo).

5. DISTRITO DIAMANTÍFERO DE GRÃO MOGOL

Este distrito diamantífero envolve uma superfície total com cerca de 500 km^2 pertencendo aos municípios de Grão Mogol, Cristália e Botumirim, estando a área mapeada mais ou menos centrada pela cidade de Grão Mogol. Segundo Spix & Martius (1828), diamantes aluvionares foram descobertos nesta região em 1781 e, desde então, a produção tem sido pequena mas constante.

5.1. GEOLOGIA

O Distrito Diamantífero de Grão Mogol está situado na porção mediana do Espinhaço Central, sendo que o pouco conhecimento geológico que se tinha a seu respeito levou ao presente mapeamento geológico na escala original de 1:50.000, além de detalhamentos em áreas selecionadas. Da mesma forma que no Distrito de Diamantina, foram reconhecidos três conjuntos litoestratigráficos maiores, pré-cambrianos, designados de Embasamento Pré-Espinhaço, Supergrupo Espinhaço e Grupo Macaúbas. Coberturas lateríticas provavelmente desenvolvidas durante o Terciário, além de restritos depósitos de sedimentos recentes, complementam o quadro geológico da Serra do Espinhaço na região (Figura 31).

5.1.1. Embasamento Pré-Espinhaço

Aflora na porção oeste da área estudada, abrangendo o núcleo da estrutura conhecida como "Anticlinório de Itacambira". Constitui-se de rochas profundamente intemperizadas, predominando biotita gnaisses e migmatitos, estes últimos mostrando estruturas estromatítica e *schlieren*, ambas por vezes muito dobradas. A foliação gnáissica varia entre N10-30°E, com mergulhos de 30-40° para sudeste. Localmente, podem ainda ocorrer anfibolitos e rochas graníticas de granulação grossa, sempre bastante alteradas.

Próximo ao contato com as rochas quartzíticas do Supergrupo Espinhaço nota-se por vezes uma zona estreita (0-100 m de largura), constituída por xistos feldspáticos de derivação milonítica, indicando deslocamento tectônico para oeste. Rochas semelhantes a estas foram inicialmente atribuídas por Karfunkel & Karfunkel (1976a) à base do Supergrupo Espinhaço, então designadas de Formação Itacambiruçú, porém Uhlein (1991) considerou sua origem a partir de zonas de cisalhamento no Embasamento Pré-Espinhaço.

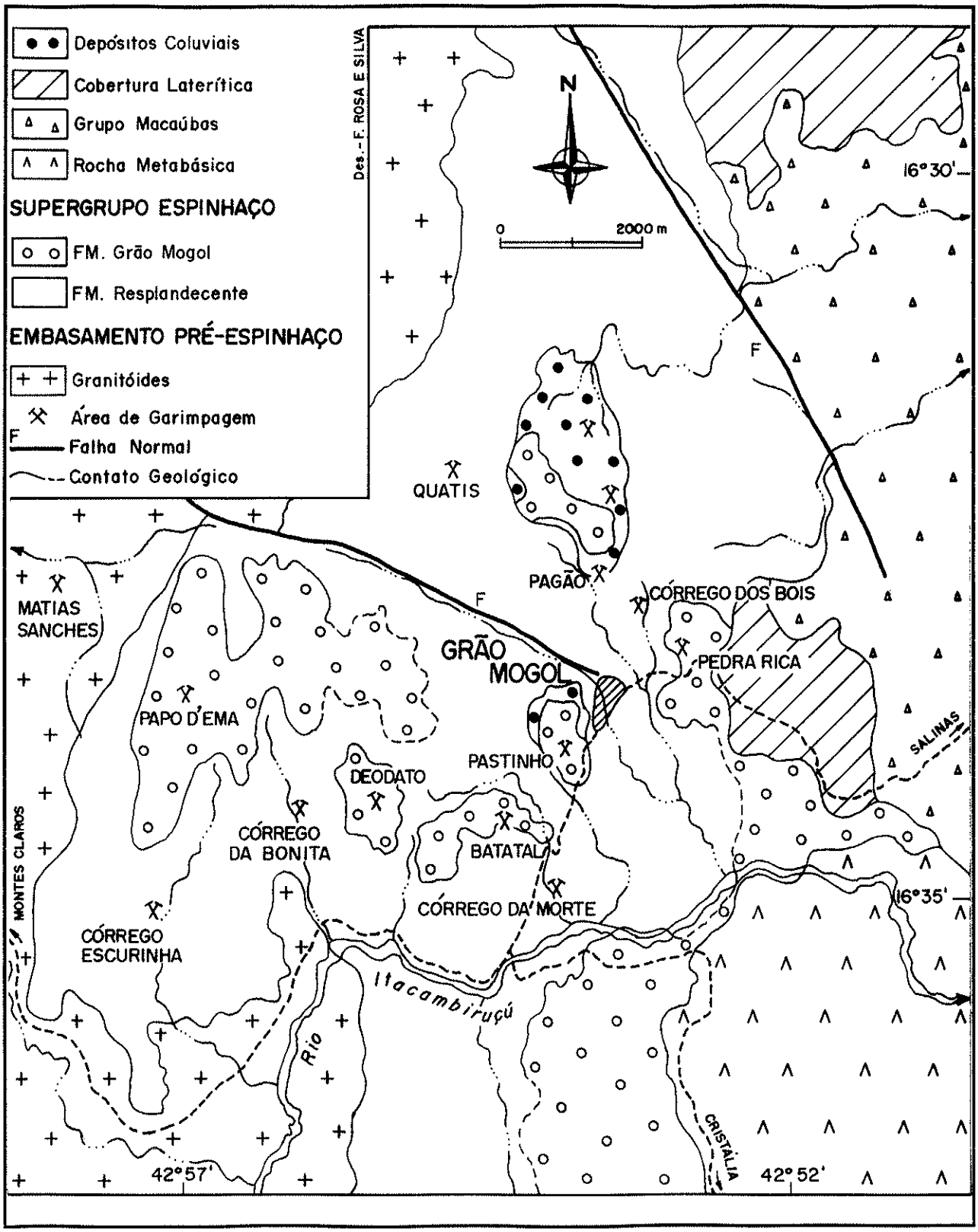


Figura 31: Geologia do Distrito Diamantífero de Grão Mogol.

As poucas datações geocronológicas disponíveis para o Embasamento Pré-Espinhaço, na região do Espinhaço Central, indicaram para o mesmo uma idade arqueana (Siga Júnior 1980).

5.1.2. Supergrupo Espinhaço

No âmbito da porção meridional da Serra do Espinhaço (região de Diamantina), a litoestratigrafia do Supergrupo Espinhaço está bem definida desde os levantamentos realizados por Pflug (1965,1968). As formações reconhecidas por este autor, observando-se mudanças faciológicas, podem ser acompanhadas por mais de 300 km até o norte do Quadrilátero Ferrífero. Recentes discussões sobre o tema encontram-se em Dossin *et al.* (1990) e Schobbenhaus (1993), onde é caracterizada uma idade geral mesoproterozóica para todo o conjunto do Supergrupo Espinhaço e unidades correlatas no Brasil Central.

Envolvendo a região de Grão Mogol-Itacambira, o designado Espinhaço Central (Chaves 1988, Chaves & Uhlein 1991) encontra-se isolado de sua porção meridional por uma faixa de quase 50 km onde só afloram rochas sobrejacentes. Helmreichen (1846) e Derby (1882) já haviam observado que o conjunto quartzítico nesta área assemelhava-se mais ao da Chapada Diamantina baiana, do que propriamente ao aflorante na região de Diamantina.

Karfunkel & Karfunkel (1976a,1977), mapeando áreas ao sul de Grão Mogol (Itacambira-Botumirim), onde ocorre o fechamento da estrutura anticlinória do Espinhaço Central (Figura 7), mostraram dificuldades em reconhecer ali as formações clássicas de Pflug (1968). Estes autores admitiram então uma subdivisão estratigráfica local, de validade a ser comprovada em futuros trabalhos, onde foram definidas as formações Itacambiruçú, Resplandecente, Água Preta e Matão, da base para o topo.

Os perfis de detalhe levantados no decorrer do presente trabalho confirmaram a citada dificuldade de correlação imediata das unidades quartzíticas de Grão Mogol com aquelas da região de Diamantina. A concepção estratigráfica proposta por Karfunkel & Karfunkel (1976a,1977), mostrou-se em linhas gerais válida, porém os estudos demonstraram a existência de uma discordância erosiva pronunciada no meio desta seqüência, permitindo asssim a sua separação em duas unidades distintas, aqui designadas Formação Resplandecente e Formação Grão Mogol (Figura 31). Um esquema comparativo entre as colunas estratigráficas das regiões de Diamantina, Itacambira e Grão Mogol é mostrado na Figura 32.

<table>
<tr><th colspan="2">ESPINHAÇO CENTRAL</th><th colspan="2">ESPINHAÇO MERIDIONAL</th></tr>
<tr><td>REGIÃO DE
GRÃO MOGOL</td><td>REGIÃO DE
ITACAMBIRA</td><td colspan="2">REGIÃO DE DIAMANTINA</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Formação
Grão Mogol (Δ)

(d)</td><td>Formação
Matão</td><td colspan="2" rowspan="2">Grupo
Conselheiro Mata</td></tr>
<tr><td>Formação
Água Preta (Δ)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Formação
Resplandecente

(d)</td><td>Formação
Resplandecente</td><td>Formação
Galho do
Miguel</td><td rowspan="4">Grupo
Diamantina

(d)</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td>Formação
Sopa Brumadinho
(Δ)</td></tr>
<tr><td>Formação
São João da
Chapada</td></tr>
<tr><td>Formação
Itacambiruçu
(d)</td><td>Formação
Bandeirinha
(d)</td></tr>
<tr><td>Embasamento
Pré-Espinhaço</td><td>Supergrupo
Pré-Espinhaço</td><td colspan="2">Complexo Basal</td></tr>
</table>

Figura 32: Esquema comparativo simplificado entre as colunas estratigráficas das regiões de Grão Mogol, Itacambira (segundo Karkunkel & Karfunkel 1976a) e Diamantina (compilado de Dossin *et al.* 1990 e Almeida-Abreu 1993).
Símbolos - (Δ) Unidade portadora de diamante, (d) discordância erosiva.

Formação Resplandecente

Ocorrendo na seção basal da seqüência, esta unidade é composta por uma sucessão monótona de quartzitos finos, puros, que se caracterizam pela presença generalizada de estratificações cruzadas de grande porte e alto ângulo. Excelentes afloramentos estão expostos nas margens do Rio Itacambiruçu, próximo da ponte para Cristália, onde ocorrem *sets* cruzados com até 10 m de espessura (Foto 12). No Ribeirão do Inferno, que atravessa Grão Mogol, existem também bonitas exposições destas rochas, assim como na estrada de acesso à cidade. Quartzitos com características muito semelhantes ocorrem continuamente em direção ao sul, sempre no mesmo posicionamento estratigráfico, até a região de Itacambira-Botumirim, onde Karfunkel & Karfunkel (1976a) reconheceram previamente a Formação Resplandecente. As características litológicas, assim como a associação de fácies presentes nesta unidade, permitem relacioná-la a um ambiente eólico.

A espessura da Formação Resplandecente, na região de Grão Mogol, varia entre 300 e 350 m. Nas seções realizadas em Botumirim, fora da área de estudo, percebeu-se um adelgaçamento da mesma para 100-150 m, provavelmente devido a erosão de sua parte superior (Chaves 1995), enquanto nas proximidades de Itacambira, Karfunkel & Karfunkel (1976a) determinaram valores da ordem de 300 m. O estudo da direção das paleocorrentes (Figura 33), mostrou em Grão Mogol um vetor preferencial para N70-90°E, semelhante com os encontrados em Botumirim (N80°E-S80°E, Chaves 1995) e em Itacambira (N80°E-S60°E, Karfunkel & Karfunkel 1976a,1977).

Formação Grão Mogol

Os conglomerados diamantíferos que ocorrem em toda a região do Espinhaço Central foram inicialmente considerados como pertencendo à Formação Sopa, situada em discordância sobre o conjunto quartzítico da serra (Moraes & Guimarães 1930). Moraes (1934) apresenta uma figura onde é nítida a discordância angular entre as duas unidades. Uma análise detalhada no local de onde foi levantada tal figura, leva a crer que estes autores observaram o contato da Formação Resplandecente, com suas estratificações cruzadas de alto ângulo, com os conglomerados basais da agora designada Formação Grão Mogol. Esta última posiciona-se, portanto, acima do conjunto "Resplandecente-Galho do Miguel", sendo assim mais recente que o Conglomerado Sopa que aflora em Diamantina. Em diversas áreas nos arredores de Grão Mogol, o conglomerado basal desta formação ocorre em marcante discordância erosiva, recobrindo os quartzitos da Formação Resplandecente (Foto 13).

Foto 12: Quartzito da Formação Resplandecente, observando-se a ocorrência de estratificações cruzadas de alto ângulo e grande porte. Rio Itacambiruçu, Grão Mogol.

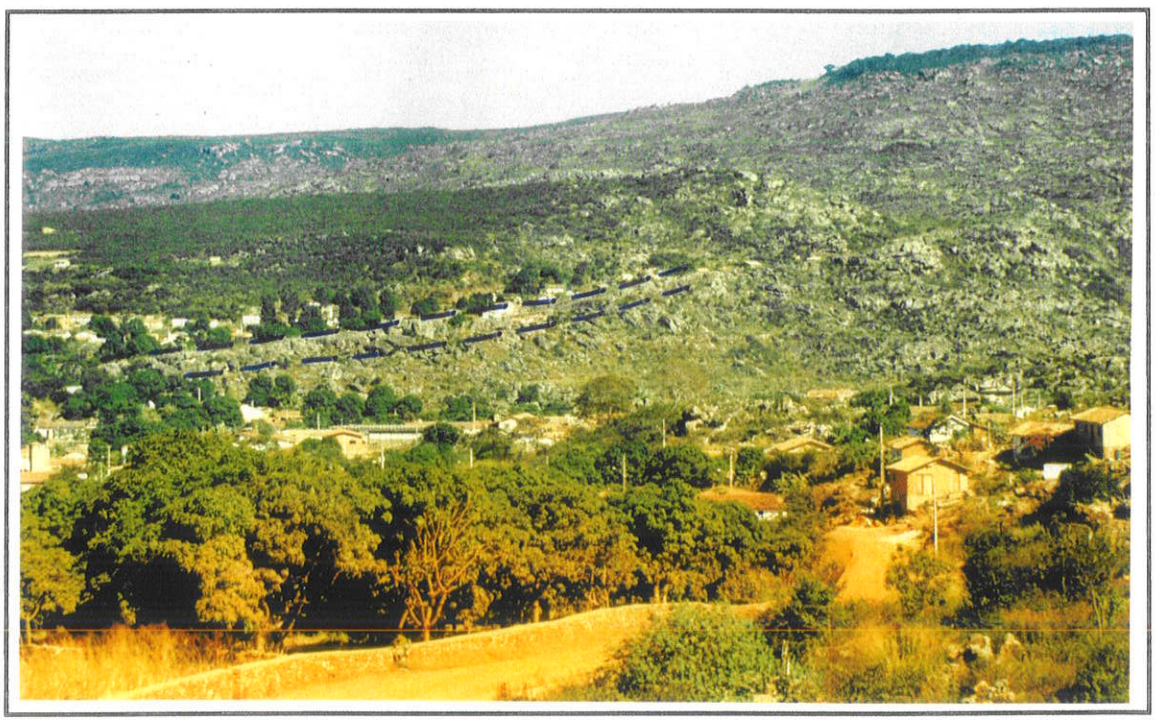


Foto 13: O nível conglomerático diamantífero basal da Formação Grão Mogol, em contato com os quartzitos da Formação Resplandecente, observando-se que o conglomerado sustenta a parte antiga da cidade de Grão Mogol.

A Formação Grão Mogol (Chaves *et al.* 1997), reunindo as formações Água Preta e Matão descritas por Karfunkel & Karfunkel (1976a) na região de Itacambira, é assim constituída pelo conglomerado basal diamantífero que ocorre em numerosos locais na área entre Cristália e Grão Mogol, e por quartzitos sobrepostos concordantemente.

Além de seus posicionamentos estratigráficos distintos, foram observadas algumas diferenças entre os conglomerados Sopa e Grão Mogol. Apesar de ambos serem sustentados pelo grão, os conglomerados que ocorrem na faixa Itacambira-Grão Mogol apresentam um largo predomínio de clastos de quartzito fino, provavelmente como conseqüência do retrabalhamento da Formação Resplandecente, sendo raríssimos os seixos de quartzo. Os clastos de quartzito geralmente não ultrapassam 20 cm de eixo maior, e muitas vezes são interpenetrados metamorficamente com a matriz quartzítica, também fina. Nota-se ainda uma estratificação interna nos conglomerados (não observada na região de Diamantina), definindo níveis com cerca de 1-2 m de espessura. Outras características sedimentológicas acerca do Conglomerado Grão Mogol são mostradas nas Tabelas 14 e 15.

Sobre o nível de conglomerado, que muitas vezes pode faltar na base do pacote, ocorre em contato concordante uma seqüência de quartzitos médios a grossos, micáceos, que localmente podem conter delgados níveis de quartzitos conglomeráticos e de conglomerados sustentados pela matriz. A presença conspícua de mica (sericita) nos quartzitos lhes confere um aspecto lamelar, com níveis centimétricos dados pela estratificação plano-paralela, que se realça com a erosão diferencial.

A espessura máxima da seqüência quartzítica pertencente à Formação Grão Mogol oscila em torno de 80-100 m. As principais estruturas sedimentares observadas são estratificações cruzadas de pequeno porte e de baixo ângulo, além de marcas de ondas com cristas retas. As fácies observadas sugerem que tais rochas foram depositadas provavelmente em ambiente fluvial entrelaçado, com os vetores das paleocorrentes indicando uma direção preferencial do aporte sedimentar no intervalo de N20°W-N30°E, evidenciando assim uma provável área fonte ao sul (Figura 33).

5.1.3. Grupo Macaúbas

Dois principais conjuntos litológicos caracterizam o Grupo Macaúbas, a leste de Grão Mogol, não sendo possível no entanto separá-los tendo em vista a extensa cobertura laterítica terciária que os recobrem (Figura 31). Na base, afloram quartzitos sericíticos e com elevado grau de imaturidade, que os diferencia de imediato dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço (Formação Resplandecente), ocorrendo em sua base.

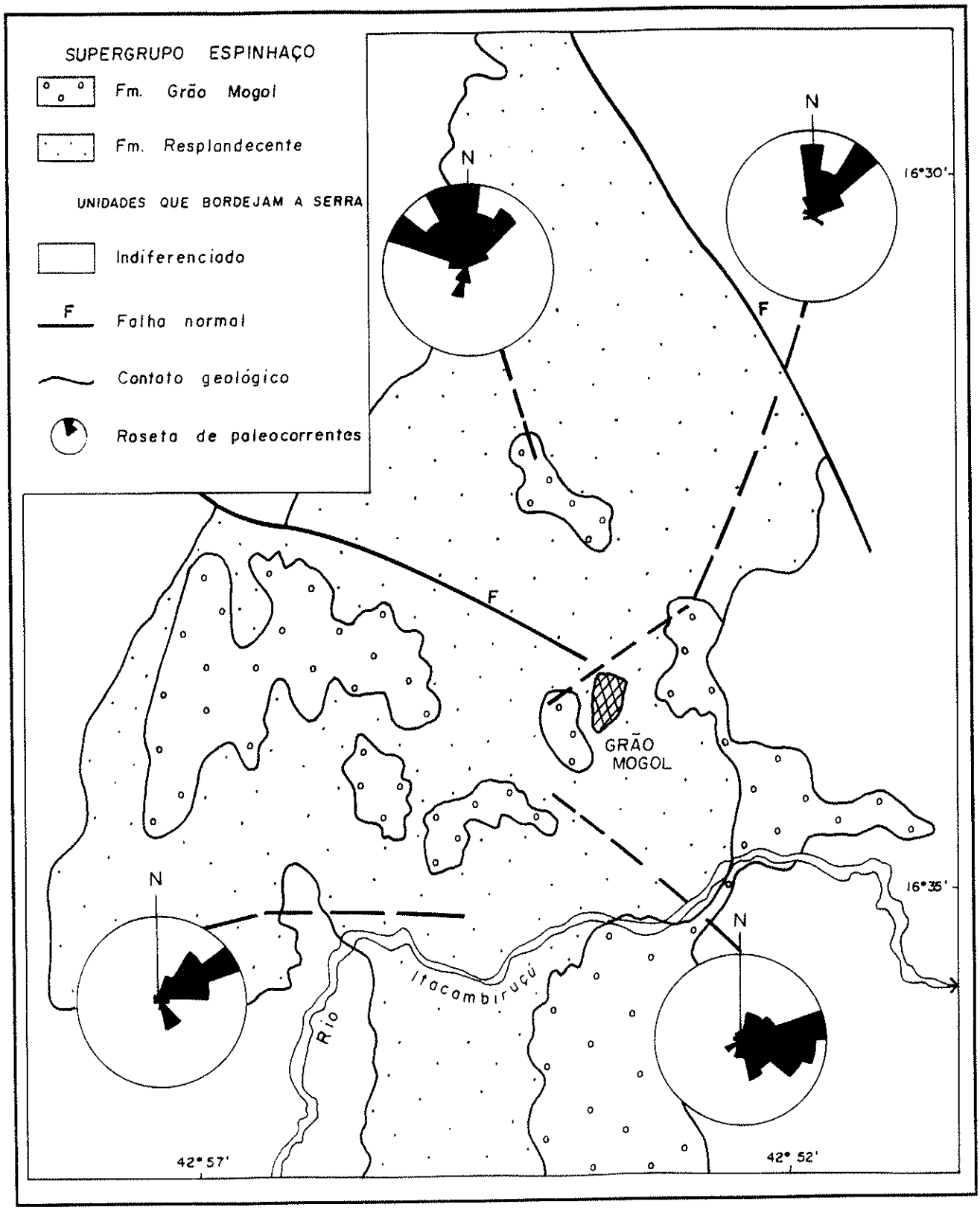


Figura 33: O Supergrupo Espinhaço na região de Grão Mogol, mostrando os vetores preferenciais das paleocorrentes medidas nas formações Resplandecente e Grão Mogol.

Tabela 14: Relação fenoclasto/matriz, classificação e diâmetro médio dos clastos nos conglomerados diamantíferos do Distrito de Grão Mogol.

LOCAL	RELAÇÃO CLASTO/MATRIZ	CLASSIFICAÇÃO (%)	DIÂMETRO MÉDIO DOS CLASTOS
Pedra Rica (*)	52/48 %	quartzito: 81,0 quartzo: 29,0 (n=287)	quartzito: 8,10 cm quartzo: 1,87 cm (n=287)
Batatal (**)	43/57 %	quartzito: 90,9 quartzo: 9,1 (n=325)	quartzito: 8,28 cm quartzo: 1,66 cm (n=325)

(*) Média de 6 pontos estudados

(**) Média de 8 pontos estudados

n = número total de clastos examinados

Tabela 15: Granulometria da matriz dos conglomerados diamantíferos do Distrito de Grão Mogol.

FRAÇÕES		LOCAL (dados de % em peso)			
		PEDRA RICA		BATATAL	
mm	ϕ	PC-06-01	PC-06-02	PC-07-01	PC-07-02
>2	-1	-	-	-	0,18
1	0	7,07	6,48	8,02	9,47
0,5	1	10,96	9,81	9,61	12,15
0,25	2	28,48	27,14	26,76	30,41
0,125	3	31,37	32,47	30,23	28,27
0,062	4	12,55	11,58	14,77	11,17
<0,062	5...	9,56	12,52	10,61	8,35

O primeiro conjunto descrito é integrante da Formação Califorme, conforme designado em áreas mais ao sul por Karfunkel & Karfunkel (1976b). Em posição estratigráfica superior, ocorrem metadiamictitos mais ou menos xistosos, crenulados, com clastos estirados de quartzo, quartzito, quartzito ferruginoso, filito, granitóide e rocha carbonática alterada, de variados tamanhos e graus de arredondamento, não ultrapassando 25 cm de comprimento. Intercalam-se aos metadiamictitos diversas camadas centimétricas, lenticulares, de quartzitos finos e impuros. Essas rochas foram comprovadas ser de origem glacial por Karfunkel & Karfunkel (1976b), denominadas de Formação Terra Branca, e comparadas com a Formação Jequitaí aflorando na região da Serra do Cabral.

As rochas do Grupo Macaúbas encontram-se fortemente deformadas, exibindo dobras fechadas, isoclinais, com eixos em torno de N10-20°E e caimentos do plano axial para leste, com ângulos normalmente entre 15 e 25°. Foram originadas por intensos esforços no sentido leste-oeste, típicos de toda borda oriental do Espinhaço, onde se relacionam a grandes falhas de deslocamento de baixo ângulo, responsáveis pela superposição desta seqüência sobre o Supergrupo Espinhaço. As dobras são truncadas pela superfície de pediplanação responsável pela formação das coberturas lateríticas no Terciário.

5.1.4. Cobertura laterítica

Recobrindo regionalmente as rochas do Grupo Macaúbas a leste da Serra do Espinhaço, ocorrem restos de chapadões determinando ao relevo um aspecto horizontal típico. São formados por uma crosta laterítica ferruginosa que se desenvolve na área entre as cotas 1000 e 1040 m. A baixa estatura do espigão serrano nesta região faz com que também as rochas do Supergrupo Espinhaço sejam localmente recobertas por este nível, mascarando as relações de contato entre as unidades Espinhaço e Macaúbas (Figura 31). King (1956) designou de "Sul Americana" a esta superfície que ocorre em ampla área da região centro-leste brasileira, desenvolvida durante o Terciário Médio-Superior.

5.1.5. Colúvios e sedimentos recentes

Sedimentos quaternários apresentam-se de dois tipos na região de Grão Mogol: (1) Os depósitos de colúvio ocorrem generalizadamente no âmbito das litologias do Supergrupo Espinhaço, constituindo sedimentos de granulometria grossa, com predomínio de seixos angulosos de quartzo, os quais possuem espessuras reduzidas que raramente ultrapassam 30 cm. Nas partes serranas ao norte de Grão Mogol estes cascalhos são

diamantíferos, assim como na periferia sul da própria cidade (Garimpo do Pastinho ou do Bairro Casas Populares), conforme destacados na Figura 31. Esses depósitos coluvionares são muito semelhantes aos colúvios que ocorrem no Distrito de Diamantina, atribuídos neste trabalho ao Holoceno inicial, caracterizando-se por uma baixíssima concentração da fração síltico-argilosa e largo predomínio das frações seixos e grânulo. O maior clasto observado possuía um diâmetro médio de 4,1 cm. Ainda da mesma maneira do que ocorre na região de Diamantina, o solo de recobrimento dos colúvios é caracterizado por um padrão granulométrico totalmente diferente, com largo predomínio (≅65 % em peso) das frações areia fina e areia média (Tabela 13); (2) Os depósitos aluvionares recentes são de ocorrência restrita, não mapeáveis na escala de trabalho utilizada, os mais importantes se apresentando ao longo do Rio Itacambiruçú, onde são também diamantíferos.

5.2. DEPÓSITOS DIAMANTÍFEROS

5.2.1. Tipologia dos depósitos

Existem depósitos de três tipos principais na região de Grão Mogol: (1) nos conglomerados basais da Formação Grão Mogol - Supergrupo Espinhaço, (2) em elúvios e colúvios estreitamente relacionados aos conglomerados e, (3) em aluviões e terraços aluvionares recentes a sub-recentes. Os mais importantes serviços de lavra têm ocorrido nos tipos (2) e (3), acreditando-se assim que a maioria absoluta da produção diamantífera tenha sido oriunda desses depósitos.

5.2.1.1. Conglomerado Grão Mogol

Apesar da grande distribuição areal dos conglomerados diamantíferos, em poucos locais ele chegou a ser lavrado, principalmente durante o século passado. Atualmente, a maioria dos garimpeiros duvidam que esta rocha possa conter diamantes economicamente lavráveis (ao contrário da região de Diamantina, onde a tradição popular conhece e trabalha com os "depósitos de massa"). O desmonte do conglomerado na Pedra Rica, a nordeste da cidade, porém, foi descrito com detalhes por Helmreichen (1846), sendo ainda possível observar as marcas de broca dos antigos serviços. Nas lavras do Batatal e do Deodato, próximo ao Córrego da Morte, também houve exploração do conglomerado e ainda no presente ocorre a lavra dos cascalhos eluvionares.

Recentemente, uma parte do corpo conglomerático que ocorre no Beco da Quitanda, no centro de Grão Mogol (Foto 14), foi lavrado aproveitando a desocupação do local para a construção de uma moradia. A cata então aberta, presenciada pelo autor, media cerca de 5,0 x 4,0 m, com 0,5 m de profundidade. Desta cata foram extraídos 24 pequenos diamantes pesando no total 1,9 ct (os cristais pesavam em média 0,08 ct), mostrando assim um teor de 0,19 ct/ m^3, o qual porém deve ser visto com reservas devido ao baixo volume de material lavrado (10 m^3).

5.2.1.2. Depósitos eluvio-coluvionares

Importantes depósitos diamantíferos, eluvio-coluvionares, ocorrem na área do Córrego dos Bois, a nordeste da cidade. Helmreichen (1846) descreveu um diamante com 30,5 ct proveniente deste local, provavelmente o maior achado na região. Na cabeceira deste córrego, um garimpo coluvionar em atividade (Lavra do Ném), foi acompanhado durante a apuração do cascalho diamantífero. Uma pequena cata medindo 20 m^3 produziu 7 diamantes pesando 1 ct no total (pedras de 0,40 + 0,15 + 0,13 + 0,09 + 0,08 + 0,08 + 0,06 ct), o que demonstra um teor de 0,05 ct/m^3, uma média representativa regional para este tipo de garimpo segundo o "dono" da cata.

Outro garimpo estudado, do mesmo tipo, situa-se na periferia sul da cidade, no local conhecido como Casas Populares, ou Garimpo do Pastinho. Na época (julho/1995), cerca de 50 garimpeiros ali trabalhavam constituindo então a maior aglomeração deles na região de Grão Mogol. Uma cata medindo 120 m^3 produziu 5,86 ct de diamantes (total de 10 cristais), o que revela um teor de 0,048 ct/m^3, portanto praticamente igual ao verificado no Córrego dos Bois.

5.2.1.3. Depósitos aluvionares

Na região serrana de Grão Mogol, os córregos são normalmente pequenos e encaixados, permitindo apenas um aluvionamento restrito, em que a maior parte dos trechos encascalhados já foram lavrados. É o caso do Ribeirão do Inferno, que corta a cidade, e de outros que também nascem na área serrana, como os córregos da Morte, Pastinho, Bonita, Escurinha, Escurona, etc. Ao norte de Grão Mogol, o Ribeirão Taquaral ainda possui cascalhos aluvionares virgens, que estão sendo garimpados atualmente. Em todos estes desconhece-se dados a respeito de produção e/ou teores.

No Rio Itacambiruçu, o principal da região e afluente de primeira ordem do Rio Jequitinhonha, os depósitos aluvionares são mais largos (chegando a alcançar uns 50 m) e mostrando uma espessura média de 0,5 m. Eles são lavrados desde o século 18, conforme registro histórico de Andrada e Silva (1792), estando na maior parte exauridos. No início da década de 80 tentou-se uma grande "virada" do rio, isto é, seu desvio por um canal artificial com quase 3 km rompido em meio aos quartzitos, mas os resultados foram insatisfatórios. Lavra com draga, bomba de sucção e escafandrista tem ocorrido intermitentemente (Foto 15), obtendo bons resultados apenas em áreas restritas, onde ainda se encontram cascalhos virgens.

5.2.2. Dados econômicos

Registros históricos a respeito da produção de diamantes na região de Grão Mogol são escassos. Helmreichen (1846) mencionou uma produção em torno de 20000 ct em 1841, o que representava na época cerca de 20 % da produção de Minas Gerais, então a maior do Brasil. Em 1887, conforme Gorceix (1902) foram lavrados 2685 ct de diamantes, o que deveria constituir pelo menos 10 % da produção estadual. Segundo outros dados apresentados por Freyberg (1934), esses valores representavam algo em torno de 6 % (1841) e 5 % (1887) da produção nacional, indicando assim a importância dos depósitos de Grão Mogol durante o século passado.

Chaves *et al.* (1993) consideraram em 1992 uma produção anual de 5000 ct para a região, com cerca de 1500 garimpeiros em atividade. A produção porém vem declinando continuamente e, em 1995, ela foi estimada em torno de 120 ct/mes (≅1500 ct/ano) produzidos por uns 500 garimpeiros (Chaves *et al.* 1997). Esse declínio pode ser em parte explicado pela paralização parcial das dragas que operavam no Rio Itacambiruçú e, mais recentemente, pela queda nos preços do mineral. Toda a produção é comercializada na própria cidade ou, como é o caso dos diamantes maiores e com boa qualidade gemológica, em Montes Claros e Diamantina.

O maior diamante dos últimos 30 anos pesou 4,5 ct, encontrado em 1993 no Garimpo do Pastinho. Este dado exemplifica que espécimes de peso superior a 1 ct são muito raros na região de Grão Mogol, em torno de 1 % conforme verificado no estudo de lotes em posse de comerciantes locais (1994-1995). Este tamanho reduzido demonstra uma média de granulometria muito baixa para os diamantes da região, da ordem de 10-12 pedras/ct. Helmreichem (1846), descreveu os diamantes dos córregos da Tropa e das Miúdas, a cerca de 8 km a sudeste da cidade, com a média de 40-50 pedras/ct, certamente a menor relação verificada em depósitos brasileiros.

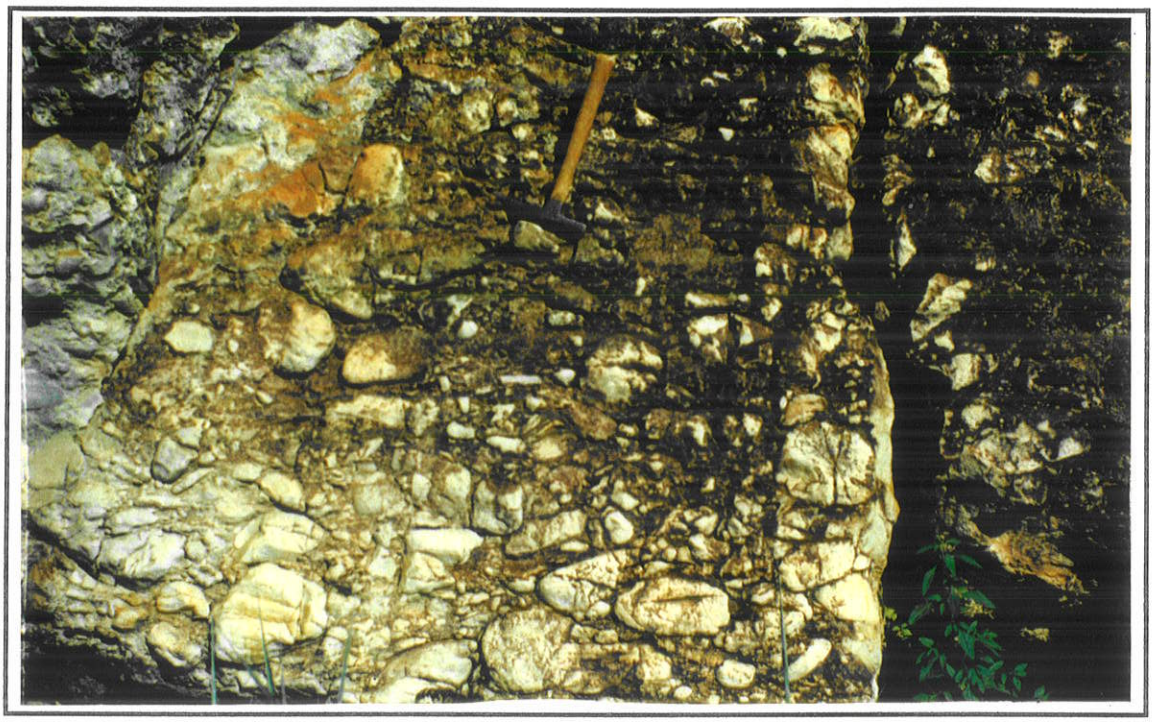


Foto 14: Detalhe do conglomerado diamantífero aflorando no perímetro urbano da cidade de Grão Mogol, observando-se a predominância dos clastos de quartzito e o seu aspecto enrijecido que dificulta atividades de lavra nesta rocha na área.

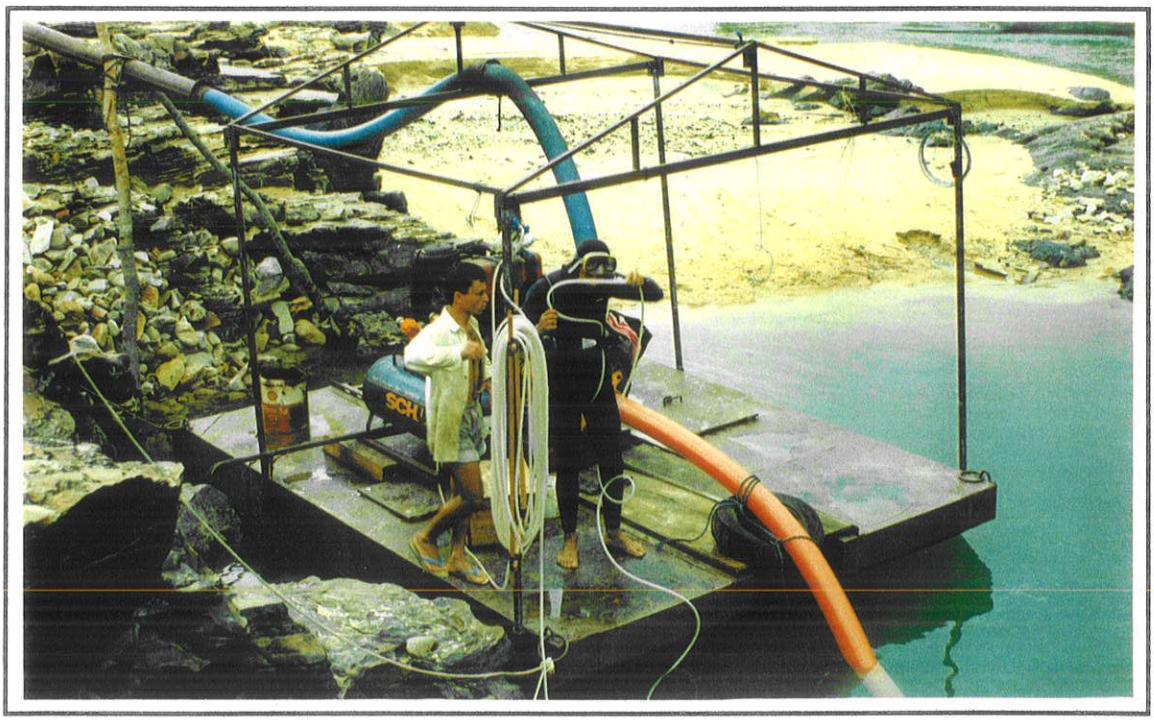


Foto 15: Lavra semi-mecanizada do aluvião diamantífero do Rio Itacambiruçu com escafandrista, o qual leva a mangueira da bomba de sucção ao fundo do rio para retirar as porções de cascalho mineralizado.

6. DISTRITO DIAMANTÍFERO DA SERRA DO CABRAL

A Serra do Cabral pode ser considerada como uma porção integrante do sistema orográfico que constitui a Serra do Espinhaço, ainda que esteja separada desta em 25-35 km para oeste (Figura 7). Duas principais áreas diamantíferas ocorrem neste distrito, abrangendo partes separadas dos municípios de Jequitaí e Francisco Dumont, cada uma delas com cerca de 100 km^2 de extensão. Apesar de integrar o conjunto do Espinhaço, a principal característica desta zona diamantífera é a ausência completa dos conglomerados pré-cambrianos da Formação Sopa Brumadinho, os quais na serra propriamente dita, apresentam-se como a principal fonte dispersora dos diamantes. Assim sendo, foi dada uma ênfase de campo ao esclarecimento da problemática da origem do diamante na região.

6.1. GEOLOGIA

A região ao norte da Serra do Cabral é relativamente bem caracterizada quanto à sua geologia pré-cambriana (Paiva Filho & Ponçano 1972, Viveiros & Walde 1976, Walde 1978). Por esta razão, foram realizados apenas detalhamentos em áreas consideradas importantes quanto aos seus depósitos diamantíferos, conhecidos desde o final do século passado (Derby 1878,1879). Neste distrito afloram rochas pertencentes à porção superior do Supergrupo Espinhaço (Grupo Conselheiro Mata), aos grupos Macaúbas e Bambuí, e ainda, localmente, conglomerados atribuídos no presente texto à Formação Areado e restos de coberturas lateritizadas (Figura 34).

6.1.1. Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço aflora na região em dois locais distintos. O primeiro e principal ocorre na Serra do Cabral, representando o núcleo proeminente de uma estrutura anticlinória que é bordejada por rochas do Grupo Macaúbas. No segundo local aparece como uma faixa estreita a leste de Jequitaí, onde constitui uma estrutura anticlinal simples e suave, muito arrasada, localmente bordejada e/ou capeada pelo Grupo Macaúbas (Figura 34). Viveiros & Walde (1976) reconheceram na Serra do Cabral três formações pertencentes ao Supergrupo Espinhaço: Galho do Miguel, Santa Rita e Córrego dos Borges. A leste de Jequitaí, a fotointerpretação e os perfis regionais efetuados permitiram correlacionar preliminarmente as rochas daquela área como pertencentes às formações Córrego dos Borges e Córrego da Bandeira.

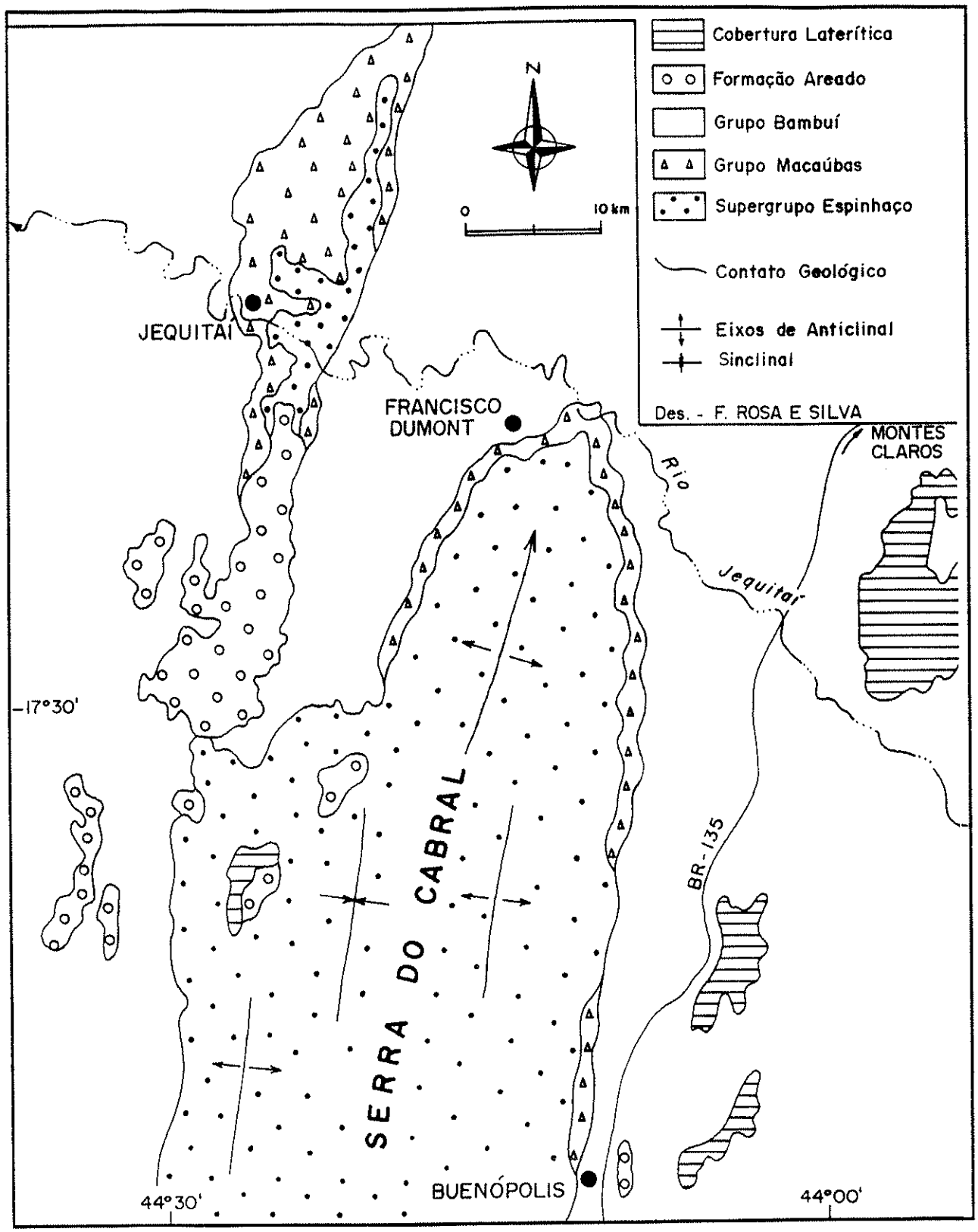


Figura 34: Geologia do Distrito Diamantífero da Serra do Cabral.

Esta seqüência como um todo compreende em sua base sedimentos transicionais, onde predominam metarenitos costeiros de mar raso e eólicos (Formação Galho do Miguel), passando no topo a depósitos tipicamente marinhos, representados por alternâncias de metapelitos (Formação Santa Rita), metarenitos finos (Formação Córrego dos Borges) e novamente sedimentos pelíticos (Formação Córrego da Bandeira). Esta última formação ocorre apenas nos arredores de Jequitaí, constituindo a unidade mais ocidental do Supergrupo Espinhaço conhecida em Minas Gerais. A espessura total do pacote na porção central da Serra do Cabral é estimada entre 500 e 1000 m (Walde 1978).

Todas estas formações descritas podem ser consideradas não diamantíferas, por representarem depósitos sedimentados em períodos de extrema calma tectônica, inexistindo assim rochas conglomeráticas intercaladas.

6.1.2. Grupo Macaúbas (Formação Jequitaí)

Aflorando nos flancos dos anticlinais (Figura 34), as rochas do Grupo Macaúbas na região compreendem metadiamictitos interpretados classicamente como de origem glacial. Derby (1878) reconheceu primeiramente tais rochas nos arredores de Jequitaí, quando as considerou como a possível fonte dos diamantes da região, iniciando uma celeuma que tem perdurado até a atualidade sobre um possível espalhamento deste mineral por geleiras no Proterozóico Superior.

Os metadiamictitos possuem matriz síltica ou arenosa fina e são constituídos por clastos de quartzito, quartzo de veio, filito, rocha carbonática, granito e gnaisse, em ordem decrescente de abundância, com tamanhos variáveis desde milimétricos até quase 1 m de diâmetro maior. Esses clastos apresentam ainda variáveis graus de arredondamento, desde muito angulosos, principalmente os matacões de quartzito, até bem arredondados. A espessura da Formação Jequitaí, englobando níveis locais métricos de quartzitos, varia entre 10 e 30 m na região estudada.

O arrasto das geleiras sobre as rochas do Supergrupo Espinhaço produziu nestas sulcos e outras marcas típicas, indicando uma direção de transporte de noroeste para sudeste, conforme pode ser observado na borda norte da Serra da Água Fria (Isotta *et al.* 1969). Walde (1978), por sua vez, considerou uma direção geral do arrasto das geleiras de sudoeste para nordeste. Outros pavimentos estriados foram descobertos no decorrer deste trabalho, principalmente ao sul e sudoeste de Francisco Dumont, indicando sempre paleodireções de transporte entre N65°E e S70°E. Todos esses dados, portanto, parecem confirmar uma direção regional do arrasto das geleiras para leste.

6.1.3. Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí, não objeto de estudo neste trabalho, predomina na maior parte das porções rebaixadas da região da Serra do Cabral, em áreas de cotas inferiores a 750-700 m (Figura 33). São raras as boas exposições, a não ser quando afloram morrotes de rochas calcárias ocupando as porções axiais de dobramentos sinclinais suaves, como a oeste da Serra do Cabral. É difícil estimar a espessura desta unidade, devido aos poucos afloramentos e à existência generalizada de dobramentos, os quais podem ser bem caracterizados ao nível das fotografias aéreas examinadas (Escala=1:40.000). Walde (1978), calculou essa espessura na região em torno de 1000 m.

As litologias predominantes são metargilitos e metassiltitos, mostrando sempre intercalações de calcários e dolomitos localmente com estromatólitos. São raros os bons afloramentos dos dois primeiros tipos litológicos. Nas lavras de diamante do Boi Morto e do Buriti Grande, situadas nas proximidades de Francisco Dumont, metassiltitos rítmicos desta unidade constituem o *bed-rock* do cascalho mineralizado, de provável idade pleistocênica.

6.1.4. Formação Areado

Os conglomerados que ocorrem recobrindo discordantemente as rochas do Supergrupo Espinhaço nas partes mais altas das serras do Cabral e da Água Fria foram descritos primeiramente por Freyberg (1932), que os considerou de possível idade cretácica. Desde então, foram referidos apenas por Paiva Filho & Ponçano (1972), que os relacionou à Formação Areado por dados bibliográficos. Os estudos efetuados na região demonstraram que diversos depósitos diamantíferos terciários e quaternários possuem áreas fontes onde ocorrem restos destes conglomerados (Figura 34). Este fato motivou a realização de novos estudos acerca de tais rochas, as quais foram detalhadas em vários locais, com os resultados preliminares sendo apresentados por Chaves *et al.* (1994) e Karfunkel & Chaves (1995).

As rochas da Formação Areado, são atribuídas ao Cretáceo Inferior por diversos autores (por exemplo, Ladeira & Brito 1968, Grossi-Sad *et al.* 1971), os quais também consideraram seu membro basal "Abaeté" como formado por rochas conglomeráticas de idênticas características com as estudadas. Na região, elas ocorrem em porções isoladas, normalmente controladas pela altitude de 1000 m. Próximo de Buenópolis, a sudeste da área mapeada, a unidade aflora na cota 980 m, definindo no topo uma superfície erosiva a cerca de 1020 m de altitude. No bordo noroeste da Serra do Cabral e na Serra da Água Fria, a camada ocorre em maior extensão areal, entre as cotas 1000-1050 m (Foto 16), sendo ainda localmente recoberta por um nível laterítico de alguns metros de espessura.

O nível conglomerático em Buenópolis está assentado sobre calcários do Grupo Bambuí, apresentando clastos com até 20 cm de diâmetro, a maior parte bem arredondados e constituídos de quartzitos do Supergrupo Espinhaço. A matriz é síltica ou argilosa (raramente arenosa), e em certos locais tal camada pode formar canais com 4-5 m de largura. Medidas nas imbricações dos clastos mostraram uma direção preferencial das paleocorrentes para noroeste. No alto das serras do Cabral e Água Fria, as feições do conglomerado são extremamente semelhantes: clastos de igual tamanho, classificação, arredondamento e esfericidade, com matriz arenosa de granulação média a grossa e de cimento silicoso com partes ferruginosas, atribuindo à rocha um elevado grau de coesão (Foto 17). As paleocorrentes determinadas mostraram também direções preferenciais de transporte para noroeste (Figura 35). As principais características dessa rocha são indicadoras de sua deposição em ambiente fluvial.

6.1.5. Cobertura laterítica

King (1956) primeiramente descreveu a importância paleoclimática das coberturas lateríticas que recobrem generalizadamente os depósitos pré-terciários do Brasil, sustentando a superfície de aplainamento Sul-Americana. As lateritas são sempre muito ferruginosas, com característica cor de alteração vermelha. Sua espessura é variável: na mesopotâmia dos rios Jequitinhonha e Araçuaí, ao norte de Diamantina, pode alcançar mais de 100 m, enquanto na região da Serra do Cabral a espessura máxima verificada foi de 12 m, a leste de Jequitaí. A idade desses depósitos é considerada terciária média a superior (King 1956).

6.1.6. Fanglomerados plio-pleistocênicos

Os depósitos fanglomeráticos ocorrem bordejando a porção norte da Serra do Cabral ocupando os paleovales onde se instalaram as drenagens do Holoceno, estas últimas apresentando restrita sedimentação associada. As únicas descrições de tais fangomerados são devidas a Moraes (1927) e Freyberg (1932), os quais, apesar de colocarem o nível acima do conjunto pré-cambriano constituído pelas unidades Espinhaço, Macaúbas e Bambuí, não chegaram a interpretações conclusivas. Nos estudos de detalhe efetuados, constatou-se que tais depósitos são alóctones e também passíveis de mapeamento na escala de 1:25.000 podendo, portanto, com novos estudos pertinentes, serem elevados à categoria de formação.

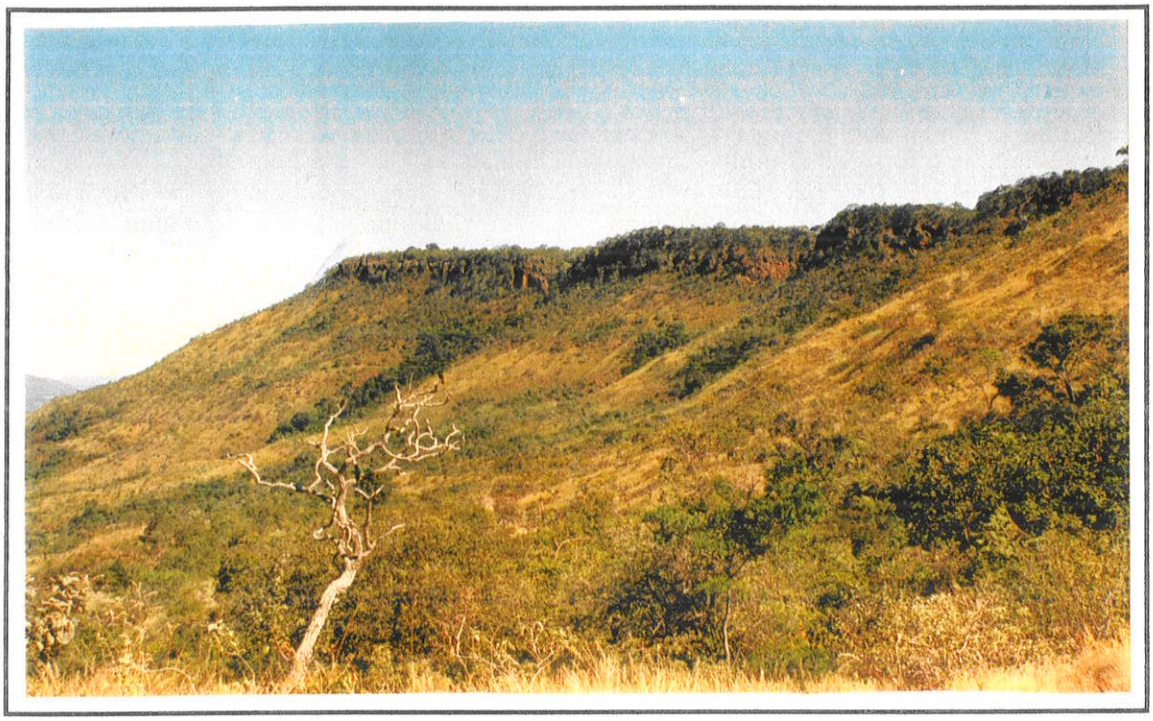


Foto 16: Vista geral da porção noroeste da Serra do Cabral, observando-se rochas pelíticas do Supergrupo Espinhaço sendo capeadas por conglomerados diamantíferos pertencentes ao Membro Abaeté da Formação Areado.

Foto 17: Detalhe do mesmo local, notando-se o Conglomerado Abaeté com predominância de clastos de quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

Esta unidade é constituída por conglomerados e, notadamente, por cascalheiras semi-consolidadas formadas por blocos e matacões angulosos de quartzitos finos (88 %) e seixos de quartzitos finos e bem arredondados (8 %), além de tilitos (3,5 %) e metassiltitos (0,5 %). A matriz desses depósitos é na maior parte constituída de silte, mas com uma importante contribuição ferruginosa que dá a ela uma coloração avermelhada, provavelmente se originando da cobertura laterítica terciária que ocorre recobrindo os conglomerados da Formação Areado nas porções serranas.

Nestes depósitos, os clastos, por suas características principais, evidenciam origens diversas:

(1) Os clastos de quartzito anguloso possuem granulação fina e são bem selecionados, constituindo ampla maioria no depósito. Petrograficamente eles são típicos do Supergrupo Espinhaço que aflora na porção serrana próxima (formações Galho do Miguel e/ou Córrego dos Borges), e possuem diâmetros variáveis de alguns centímetros até quase 1 m;

(2) Clastos de quartzito arredondado, quase sempre na faixa de 10-25 cm de diâmetro, têm sua origem certamente nos conglomerados da Formação Areado, apresentando perfeita identidade com eles;

(3) Os tilitos aparecem quase sempre como blocos, normalmente muito angulosos, denotando sua fonte próxima na Formação Jequitaí. Sua relativa raridade pode ser explicada pelo fato de que esta seqüência é pouco espessa na região;

(4) Os raríssimos clastos de metassiltitos são subangulosos, provavelmente originados do Supergrupo Espinhaço (Formação Santa Rita).

Esses depósitos são assim considerados como fanglomerados e as análises estatísticas do eixo maior dos clastos confirmou sua origem a sul, isto é, na Serra do Cabral (Figura 35). Sua idade plio-pleistocênica foi sugerida por Karfunkel & Chaves (1994,1995), relacionando-os ao soerguimento regional ocorrido no Terciário Superior conforme as concepções clássicas de King (1956), recentemente apoiadas pelos estudos de Saadi (1995).

6.1.7. Sedimentos recentes

Cascalhos aluvionares modernos ocorrem principalmente associados ao Rio Jequitaí e ao seu afluente, Córrego Fundo, sendo que apenas no primeiro são efetuados trabalhos de garimpagem do diamante. A espessura dos depósitos em geral não ultrapassa 0,8 m, sendo ainda recobertos por 3-4 m de sedimentos arenosos, estéreis. Em certos locais os *flats* podem apresentar até 1 km de largura, mas estes normalmente alcançam valores próximos de 300 m.

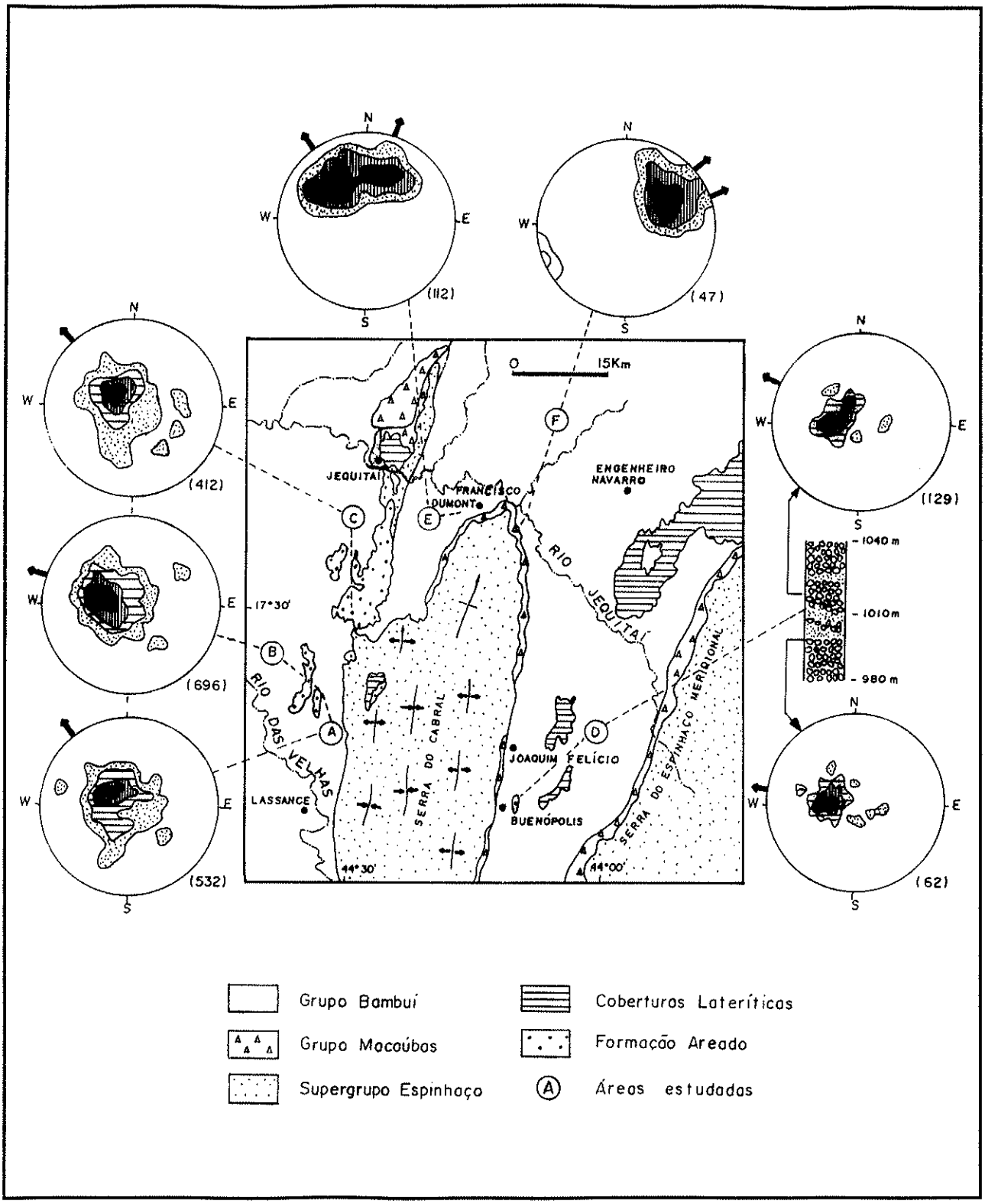


Figura 35: Direções de paleocorrentes nos conglomerados cretácicos do Membro Abaeté, e nos depósitos fanglomeráticos do Pleistoceno, no Distrito da Serra do Cabral.
(A), (B), (C) e (D) - Projeções estereográficas equiareais dos planos A-C em clastos do Conglomerado Abaeté; (E) e (F) - Projeções estereográficas equiareais dos eixos maiores de matacões dos depósitos fanglomeráticos.

6.2. DEPÓSITOS DIAMANTÍFEROS

6.2.1. Tipologia dos depósitos

Na região da Serra do Cabral o Conglomerado Sopa não aflora, e os principais depósitos diamantíferos estão relacionados a sedimentos cenozóicos, os quais provavelmente são derivados dos conglomerados cretácicos da Formação Areado, apesar destes últimos não serem lavrados em nenhum local. Ainda constitui um problema se os tilitos da Formação Jequitaí contribuíram ou não para o fornecimento de diamantes para os depósitos mais recentes. Nos arredores da cidade de Jequitaí, onde diversos autores sugeriram esta possibilidade (Derby 1878,1879, Paiva Filho & Ponçano 1972), não se encontrou nenhuma evidência adicional a este respeito. O detalhamento da camada mineralizada nos garimpos Buriti Grande e Boi Morto, reforçou a idéia de que a mineralização é alóctone, estando relacionada aos depósitos fanglomeráticos do Plio-Pleistoceno.

6.2.1.1. Depósitos fanglomeráticos

Depósitos diamantíferos deste tipo, de idade plio-pleistocênica, ocorrem principalmente nas bordas ao norte das serras do Cabral e da Água Fria. Derby (1878) considerou estes depósitos como sendo um solo eluvial originado a partir do tilito Jequitaí. Entretanto, Moraes (1927), em um desenho esquemático, mostrou nitidamente o caráter alóctone dos mesmos, o que foi confirmado com os trabalhos agora realizados. Na região de Jequitaí foram estudados em detalhe as lavras da Coruja e do Panazeiro e, em Francisco Dumont, os garimpos Boi Morto e Buriti Grande (Figura 36).

A Lavra da Coruja está localizada a 2-3 km a leste de Jequitaí, constituindo na realidade dezenas de pequenos trechos garimpados cada qual com denominações locais. O horizonte mineralizado é formado por um cascalho semi-consolidado, no máximo com 0,5 m de espessura, composto por seixos de quartzo arredondados e matacões angulosos de quartzito, estes muitas vezes ocupando o nível inteiro. Os depósitos diamantíferos possuem matriz argilosa, de coloração vermelha, e recobrem rochas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço e ao Grupo Macaúbas. No garimpo do Panazeiro, 2 km ao sul de Jequitaí, um cascalho semelhante está presente, mas apresentando uma espessura maior, variável entre 1,2 e 2 m. Em ambos os locais, o nível mineralizado é ainda recoberto por um solo vermelho argiloso que pode atingir até 4 m de espessura.

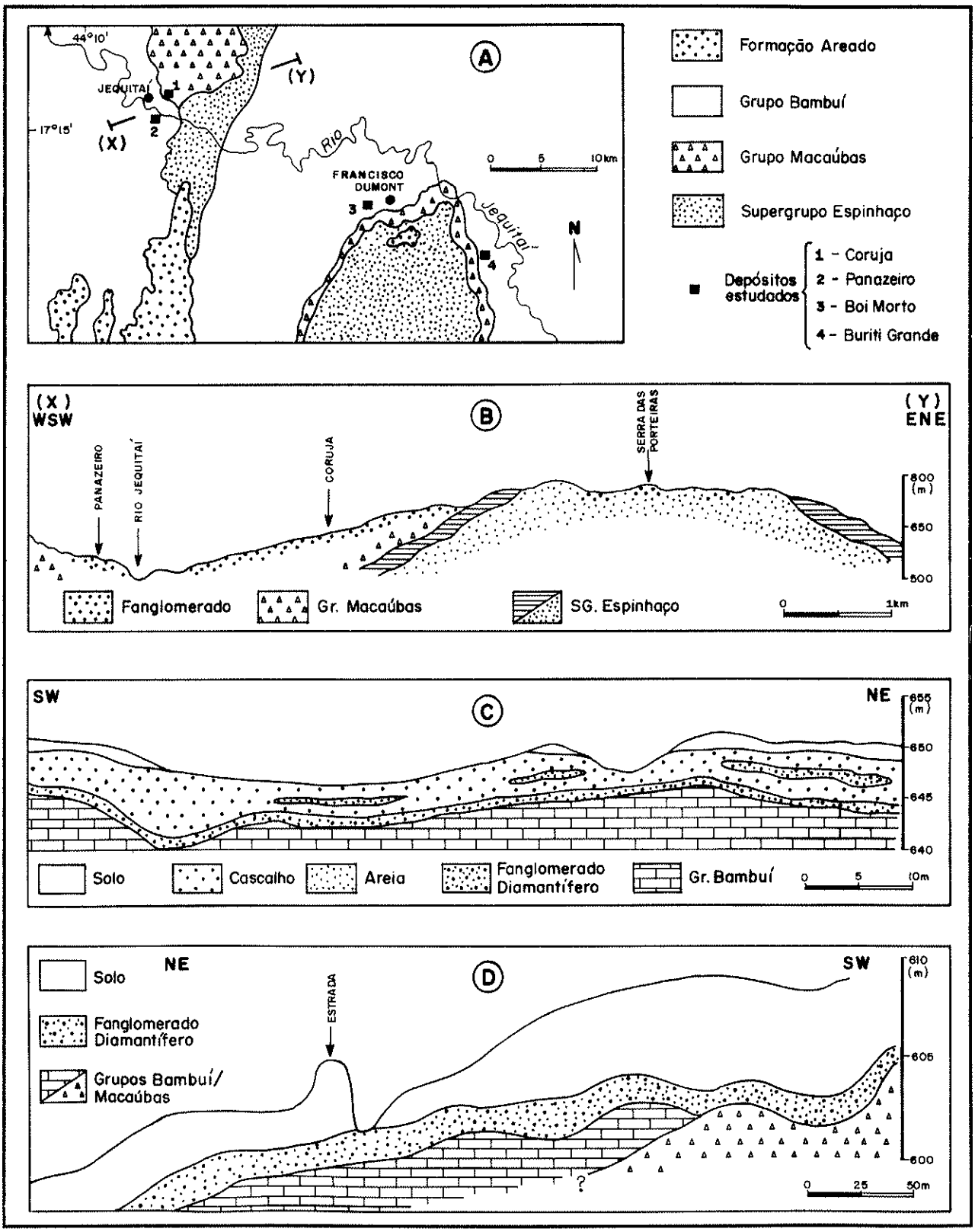


Figura 36: (A) Localização das áreas diamantíferas levantadas no Distrito da Serra do Cabral, (B) perfil geológico esquemático nos arredores de Jequitaí, e seções detalhadas nos garimpos Boi Morto (C) e Buriti Grande (D), em Francisco Dumont.

Os teores em diamantes variam fortemente de local para local em Jequitaí, conforme foi constatado durante o acompanhamento de catas trabalhadas por garimpeiros. Na área da Lavra da Coruja, uma cata aberta com cerca de 24 m^3 no garimpo conhecido como Lavrinha, produziu 6 diamantes pesando no total 2,75 ct, ou seja, mostrou um teor de 0,114 ct/m^3. Em outro local, conhecido como Urucum, de uma grande cata aberta com trator foram retirados cerca de 100 m^3 de cascalho, produzindo apenas 1,5 ct de diamantes (4 pedras), revelando assim um teor de 0,015 ct/m^3.

Na região de Francisco Dumont, os depósitos diamantíferos são semelhantes, porém apresentam peculiaridades típicas. O garimpo do Boi Morto, situado 3 km a sudoeste de Francisco Dumont constitui uma pequena área (100 x 75 m) onde os diamantes são lavrados em um conglomerado basal com matacões de quartzito, de uma seqüência que contém ainda arenitos, arenitos conglomeráticos e microconglomerados, recobrindo metassiltitos do Grupo Bambuí. A seqüência como um todo apresenta uma espessura máxima de 8 m, sendo que o conglomerado basal, alvo principal dos garimpeiros, raramente excede 0,6 m de espessura.

A área de lavra conhecida como Buriti Grande está localizada no vale do córrego homônimo, a cerca de 10 km a sudeste de Francisco Dumont. Inclui uma faixa com quase 100 m de largura e mais de 10 km de extensão, desde a barra do córrego com o Rio Jequitaí até as suas cabeceiras na Serra do Cabral. A camada mineralizada é um fanglomerado de matriz pelítica, que recobre tanto as rochas dos grupos Macaúbas e Bambuí na borda da serra, como os quartzitos Espinhaço nas porções mais elevadas da mesma. Este depósito possui em média 1,2 m de espessura, acompanhando grosseiramente as inclinações da superfície do *bed-rock* e do terreno atual.

A anatomia dos depósitos diamantíferos do Boi Morto e do Buriti Grande foi detalhada através de levantamente topográfico, demonstrando sua origem alóctone a partir da zona serrana situada ao sul, o que foi comprovado também pela análise da direção do transporte (Figura 36). No Buriti Grande, foram ainda acompanhadas a abertura de duas catas por garimpeiros. Na base da serra, uma das catas com cerca de 50 m^3 forneceu um diamante pesando 5,5 ct, ou seja, um teor de 0,11 ct/m^3. Já na encosta do espigão serrano, sobre quartzitos, uma outra cata com 75 m^3 apresentou 3,7 ct de diamantes (7 pedras de aproxidamente 0,5 ct cada uma), revelando um teor de 0,05 ct/m^3, constatando a irregularidade na distribuição da mineralização. Esses dados, porém, devem ser tomados com reservas e não serem extrapolados regionalmente pois, segundo os garimpeiros, muitas catas são abertas sem que se recupere qualquer diamante.

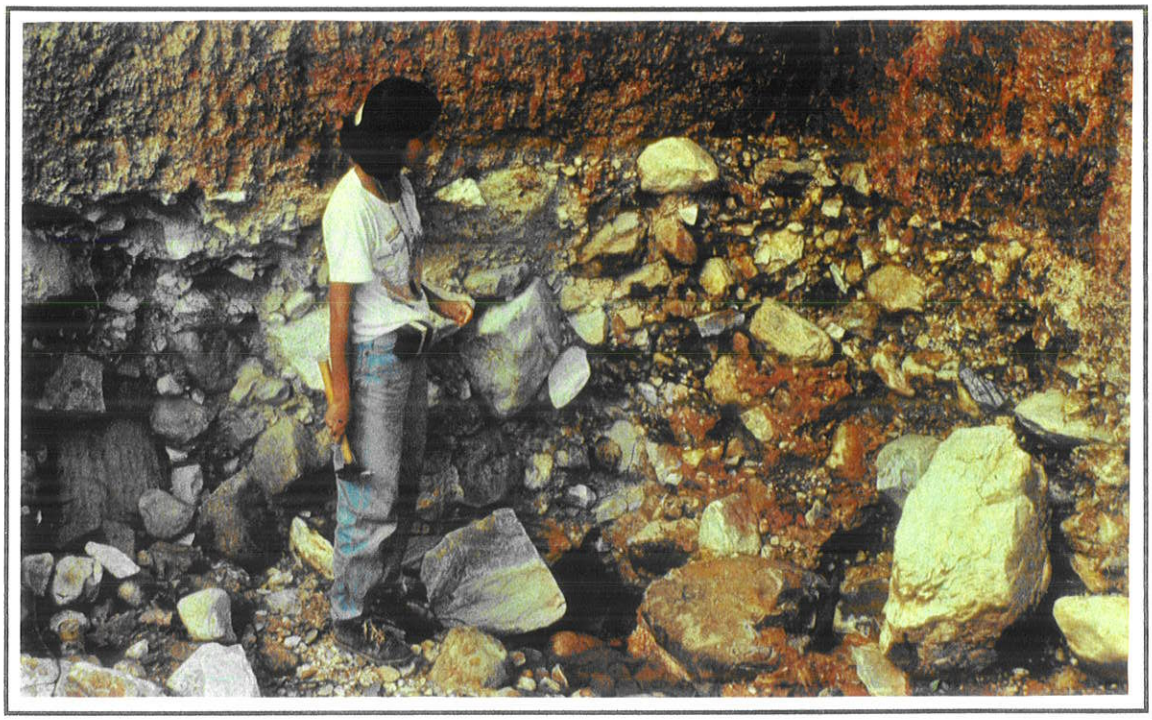


Foto 18: Depósito fanglomerático na borda norte da Serra do Cabral, onde os diamantes são preferencialmente lavrados na região. Garimpo do Buriti Grande, Francisco Dumont.

Foto 19: Detalhe dos fanglomerados, observando-se clastos de composição distinta e com variados graus de arredondamento em matriz pelitica. Mesmo local da foto anterior.

6.2.1.2. Depósitos coluvionares

Este tipo de depósito diamantífero, ainda pouco especificado na literatura geológica mas bem conhecido dos garimpeiros ("gorgulhos"), é pouco desenvolvido no Distrito da Serra do Cabral, ao contrário do que ocorre nas regiões de Diamantina e Grão Mogol. Mesmo assim, ele foi constatado na área da Lavrinha, próximo de Jequitaí, e nas lavras do Tubi e da Água Santa, na zona de Francisco Dumont. Em todos estes locais eles são diamantíferos, constituindo cascalheiras de quartzo e quartzito sempre muito angulosos e com tamanhos que raramente ultrapassam 10 cm de lado maior.

A espessura dos solos coluvionares varia entre 20 e 30 cm, ocorrendo sempre em contato direto com a seqüências pré-cambrianas, de maneira característica onde faltam os depósitos fanglomeráticos plio-pleistocênicos descritos no item anterior. Não se conhecem dados a respeito de teores, mas informações verbais obtidas de garimpeiros dão conta que estes são ainda inferiores aos verificados nos sedimentos fanglomeráticos. A idade de tais depósitos pode ser considerada como do Holoceno Inferior por correlações regionais, mas datações complementares são ainda necessárias.

6.2.1.3. Depósitos aluvionares

Nas proximidades de Francisco Dumont os cascalhos aluvionares recentes associados aos córregos que descem da Serra do Cabral são muito restritos e na maior parte já estão exauridos, depois de mais de um século de garimpagem. O Rio Jequitaí nesta região é diamantífero, mas por ser muito fundo e encaixado torna-se difícil a sua garimpagem, também restringida pela fiscalização ambiental.

Nas proximidades da cidade de Jequitaí concentram-se a maioria dos trabalhos de garimpagem, ao longo de cerca de 10 km de curso do Rio Jequitaí. Nesta área, os *flats* são mais amplos, alcançando quase 1 km de largura, permitindo também a preservação de terraços aluvionares sub-recentes em suas margens, normalmente localizados a poucos metros acima do leito atual do rio. Estes terraços são o principal alvo da garimpagem no presente.

Na área do Panazeiro, os estudos demonstraram que os cascalhos fanglomeráticos, ora atribuídos ao Plio-Pleistoceno, transicionam na direção do Rio Jequitaí para cascalhos com seixos bem arredondados, demonstrando retrabalhamento fluvial, os quais constituem os terraços aluvionares sub-recentes.

6.2.2. Dados econômicos

Os depósitos diamantíferos que ocorrem nos arredores de Jequitaí são provavelmente conhecidos desde meados do século passado. Derby (1878) os descreve, assim como ao "arraial" de Jequitaí, o qual se formou nas proximidades dos primeiros depósitos descobertos. Na área de Francisco Dumont, segundo Moraes (1927), diamantes são lavrados desde a década de 1880. Inexistem dados, sejam históricos ou oficiais, a respeito da produção de diamantes no Distrito da Serra do Cabral. Durante os trabalhos de campo, procurou-se obter informações junto a comerciantes locais sobre a produção regional. Segundo tais informações, no mês de julho de 1993 a região produziu cerca de 300-400 ct de diamantes. A produção porém declinou progressivamente e, em outubro de 1995, novas informações indicaram 200-250 ct/mês, com cerca de 600 garimpeiros em atividade.

Os diamantes da região são de muito boa qualidade, com peso médio entre 0,30-0,40 ct e 97 % deles sendo considerados lapidáveis. Cristais com peso inferior a 0,10 ct são raros e também ocorrem muito poucos com mais de 8 ct. Dentre estes, são citados um de 22,5 ct achado em 1972 no Garimpo do Buriti Grande, talvez o maior do distrito, entre outros descobertos nas lavras Água Santa (16 ct), Tubi (9,25 ct) e Rio Jequitaí (12, 10, 9 ct).

Na garimpo do Panazeiro, em Jequitaí, foram acompanhadas pelo autor a abertura de três catas próximas cerca de 50 m uma da outra, que apresentaram as seguintes dimensões e teores:

-Cata n° 1: 375 m^3, com 7,5 ct produzidos (22 pedras, a maior pesando 3,25 ct), demonstrando um teor de 0,02 ct/m^3;

-Cata n° 2: 75 m^3, com 3 ct produzidos (7 pedras, a maior pedra com 0,85 ct); teor de 0,04 ct/m^3;

-Cata n° 3: 45 m^3, com 2,5 ct produzidos (5 pedras, a maior pedra com 0,68 ct); teor de 0,05 ct/m^3.

As reservas diamantíferas da região da Serra do Cabral podem ser consideradas muito mal conhecidas. Apesar de mais de um século de garimpagem, principalmente dos depósitos mais facilmente lavráveis, deve ser destacada a presença de diamantes nos conglomerados da Formação Areado que aflora nas porções mais altas dos espigões serranos e não conta com prospecções devido à escassez de água e distância de qualquer localidade. Os depósitos plio-pleistocênicos são também pouco explorados, bastando dizer que a Lavra do Boi Morto foi descoberta a cerca de 20 anos, mesmo estando na periferia de uma cidade garimpeira, como é o caso de Francisco Dumont. O mesmo pode se dizer de todo o longo trecho do Rio Jequitaí, entre as cidades de Francisco Dumont e Jequitaí, onde os terraços aluvionares permanecem praticamente virgens.

7. MINERAIS PESADOS

O estudo dos minerais pesados que acompanham o diamante nos depósitos secundários de várias idades da Serra do Espinhaço teve como principal finalidade a determinação de possíveis fases minerais provenientes de kimberlitos e lamproítos. Essas duas rochas, conhecidas como as únicas fontes primárias do diamante na crosta terrestre, se caracterizam por uma mineralogia complexa, na maior parte constituída por minerais pouco resistentes aos agentes intempéricos e ao transporte no meio fluvial (Tabela 16). Assim sendo, foi dada atenção especial aos minerais mais resistentes como granadas, ilmenita e cromita. Os dois últimos minerais, no entanto, mostraram-se pouco úteis como indicadores de rochas ultrabásicas, por motivos diversos discutidos a seguir.

Tabela 16: Principais minerais encontrados em kimberlitos e lamproítos (modificado de Kirkley *et al.* 1991).

CRISTALIZAÇÃO MAGMÁTICA		XENOCRISTAIS DO MANTO SUPERIOR
EM KIMBERLITOS	EM LAMPROÍTOS	
(Comuns)		
Olivina	Olivina	Diamante
Diopsídio	Diopsídio	Piropo
Flogopita	Flogopita	Clinopiroxênio
Calcita	Leucita	Ortopiroxênio
Serpentina	Anfibólio	Cromita
Monticellita	Enstatita	Olivina
	Sanidina	
(Raros)		
Apatita	Apatita	
Perovskita	Perovskita	
Ilmenita	Ilmenita	
Espinélio	Espinélio	
	Priderita	
	Nefelina	
	Sanidina	
	Wadeíta	

A ilmenita é um mineral comum nos veios de quartzo que cortam as seqüências regionais e em alguns estratos dos quartzitos, logo, sua presença nos aluviões é praticamente toda desta origem. Portanto, mesmo que ocorressem na região ilmenitas de fonte ultrabásica, magnesianas, elas seriam estatisticamente mascaradas pela população originada dos veios. Quanto a cromita, ela não foi determinada entre os pesados da região, embora tenha sido citada na Lavra Cavalo Morto (Campo de Extração) por Freise (1930). Nesta localidade, porém, são abundantes os clastos procedentes das seqüências vulcano-sedimentares Pré-Espinhaço, como talcoxistos, fuchsita quartzitos e turmalinitos, onde também é freqüente a ocorrência de corpos de cromitito (Uhlein *et al.* 1983), os quais devem constituir a fonte deste mineral.

Desta maneira, foi dada ênfase ao estudo das granadas, incluindo sua comparação com outra região onde os conglomerados diamantíferos contém estes minerais: a Província do Alto Paranaíba. Apesar de não terem sido determinadas granadas de quimismo relacionado a rochas ultrabásicas, um grande número de minerais, vários deles antes desconhecidos na região, foram caracterizados durante o estudo.

7.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Minerais pesados são aqueles que possuem uma densidade superior a dos minerais mais comuns presentes nas rochas sedimentares, como quartzo e feldspato. Estes últimos apresentam densidades na faixa de 2,55-2,65, logo os pesados se caracterizam por mostrarem valores maiores que 2,70. Na prática, porém, utiliza-se o valor da densidade do bromofórmio (≅2,89) como limite entre as frações leve e pesada nos sedimentos, por esse líquido ser o mais utilizado na separação dos grãos de minerais pesados. Esses, podem ainda ser separados em dois grupos: opacos e não opacos. Apesar dos opacos geralmente formarem a maior parte da população de um sedimento, os não opacos recebem sempre maior atenção nos estudos sobre áreas-fontes pela facilidade de se trabalhar com eles.

Em sua quase totalidade, os minerais pesados representam fases acessórias na composição de rochas ígneas e metamórficas. Sua proporção em sedimentos e rochas sedimentares, desta maneira, varia em função do meio de transporte, dos processos atuantes de dispersão e concentração e, ainda, da maior ou menor resistência física e química do mineral a esses agentes e ao intemperismo. Assim sendo, diversos são os fatores que condicionam a presença de um mineral pesado em determinado sedimento: teor do mineral na área-fonte, assim como sua granulometria original; condições de intemperismo presentes

na área-fonte; relação entre velocidade de erosão e intemperismo; tempo e meio de transporte em associação com as condições físico-químicas do meio deposicional; etc.

O estudo dos minerais pesados que acompanham o diamante nos depósitos sedimentares, antigos ou recentes, na Serra do Espinhaço, confirmou esses dados e ainda permitiu uma série de conclusões a respeito das áreas-fontes que forneceram os sedimentos, nos diferentes estágios da evolução geológica regional. Como os vários fatores determinantes da presença de um certo mineral pesado no sedimento agem no sentido da eliminação progressiva das espécies menos resistentes, foram estabelecidas escalas de estabilidade para minerais pesados em função dos agentes químicos ou físicos atuantes. Pettijohn (1957) apresentou uma escala de estabilidade química (Tabela 17), onde se destacam zircão, turmalina e rutilo como as fases normalmente mais estáveis nos sedimentos.

Tabela 17: Séries de estabilidade de alguns minerais pesados em função do ataque de agentes químicos (segundo Pettijohn 1957).

AGENTE DESTRUTIVO	SOLUÇÕES INTRAESTRATAIS		INTEMPERISMO	PERFIS DE SOLOS
	Pettijohn (1941)	Smithson (1941)	Sindowski (1949)	Diversos autores
	Rutilo			
	Zircão	Zircão	Zircão	Zircão
		Rutilo	Rutilo	
	Turmalina	Turmalina	Turmalina	Turmalina
		Apatita		
Estabilidade	Monazita	Monazita		Monazita
	Granada	Granada		
	Biotita			Biotita
Decrescente	Apatita			
	Estaurolita	Estaurolita	Estaurolita	
	Cianita	Cianita	Cianita	Cianita
↓	Hornblenda	Hornblenda	Hornblenda	Hornblenda
				Estaurolita
			Granada	Granada
	Augita		Augita	Augita
	Olivina	Minerais ferro-magnesianos	Apatita	
			Olivina	Olivina

São raros os estudos que relacionam a distância máxima percorrida por um mineral desde a sua área-fonte, havendo poucos dados e em geral contraditórios. Zeschke (1961) por exemplo, relacionou a distância máxima percorrida por vários minerais, destacando-se scheelita, wolframita e zircão (Tabela 18). Davidson (1962) porém questionou alguns desses dados, afirmando que scheelita e uraninita eram provenientes de granitos cortados pelo Rio Indus. Segundo Bardet (1974), na África Ocidental a ilmenita magnesiana e o piropo (grãos inferiores a 1 mm) em clima tropical não são encontrados a mais que 1 km do kimberlito fonte, enquanto em clima de monção ambos não podem ser recuperados além de 13 km de sua fonte. Baldock *et al.* (1976), no entanto, mencionam um halo de dispersão com cerca de 300 km para os minerais indicadores provenientes do campo kimberlítico de Orapa, no Botswana. Quanto ao diamante, este mineral certamente é capaz de percorrer distâncias ainda maiores do que as citadas, visto sua presença nos *placers* costeiros da Namíbia, situados a mais de 1000 km de sua área-fonte no planalto sul-africano.

Os minerais pesados presentes nos depósitos diamantíferos do Espinhaço (pontos de amostragem nas Figuras 4 e 5) foram identificados, após sua concentração, através de suas características morfoscópicas e determinações ópticas rotineiras. Em diversos casos, principalmente quando se tratavam de minerais opacos ou de fases minerais de tamanho exíguo, foram efetuadas determinações através de difratometria de raios X. Em relação às fases minerais com possível interesse na gênese do diamante, como as granadas, as análises difratométricas foram complementadas por análises químicas com microssonda eletrônica.

Tabela 18: Distância máxima de transporte verificada em alguns minerais pesados no meio fluvial (modificado de Zeschke 1961).

MINERAL	DISTÂNCIA (km)	RIO	LOCAL
Scheelita	1750	Indus	Paquistão
Wolframita	1300	Indus	Paquistão
Zircão	1300	Indus	Paquistão
Ouro	510	Indus	Paquistão
Monazita	195	Indus	Paquistão
Uraninita	160	Indus	Paquistão
Cromita	110	Hindubagh	Paquistão
Torbernita	20	Brujent	Espanha
Autunita	15	Coloma	Espanha

7.2. MINERAIS DE ALUVIÕES RECENTES

Desde os tempos coloniais, com a exploração diamantífera permanente na região de Diamantina, tem sido notado que o diamante é sempre acompanhado nos depósitos aluvionares por um cortejo de minerais característicos, de densidades vizinhas. Na linguagem garimpeira, eram conhecidos como "captivos", isto é, escravos do diamante, pois tinham forma semelhante e o seguiam sempre, mas não possuíam valor. Os principais eram o "cativo de ferro" (magnetita) e o "cativo de cobre" (rutilo). Esses e outros minerais foram designados de satélites por Gorceix (1881), os mais importantes deles pela presença constante tais como rutilo, anatásio, rutilo pseudomorfose de anatásio, hematita, magnetita e lazulita, foram relacionados geneticamente com o diamante. Esta associação inusitada do diamante com seus principais satélites nos depósitos aluvionares, fez postular-se uma origem primária daquele mineral a partir de veios ácidos contidos nas séries metamórficas da Serra do Espinhaço (Gorceix 1880,1881).

No então mais completo estudo sobre a mineralogia dos sedimentos diamantíferos brasileiros, Hussak (1917) reconheceu 56 minerais acompanhantes do diamante, onde ressaltou: "verifiquei também que esses satélites (formações) nada têm de característico ou especialmente significativo para a questão da gênese do diamante, com o qual a sua associação é obra do mero acaso". Esta conclusão foi posteriormente questionada por Guimarães (1934), o qual, seguindo os antigos preceitos de Gorceix (1881,1882), relacionou certos minerais como os óxidos de titânio e as favas fosfatadas a uma fase de magmatismo ácido que teria também sido responsável pela origem dos diamantes. Apesar da mesma opinião ter sido continuamente defendida em outros trabalhos do mesmo autor (por exemplo, Guimarães 1955,1964), não se encontrou posteriormente nenhuma evidência adicional a respeito desta possível origem exótica para os diamantes do Espinhaço.

Bardet (1974) e Cassedanne & Cassedanne (1974) restringiram o uso do termo satélite para os minerais associados ao diamante em sua rocha matriz ultrabásica, designando então os minerais presentes nos depósitos sedimentares de "acompanhantes", ou seja, são variáveis de local para local em função da(s) rocha(s) fonte(s) presentes na bacia alimentadora dos rios. É importante ressaltar que este e os outros estudos anteriormente mencionados se basearam na coleta de material a partir da lavagem dos aluviões diamantíferos, recentes ou sub-recentes, logo estes minerais não possuíam necessariamente relação com o Conglomerado Sopa ou com uma possível rocha matriz dos diamantes na região. A bibliografia moderna porém tem preferido designar os satélites verdadeiros do diamante como "minerais indicadores".

Nos depósitos aluvionares, as amostragens preferenciaram trechos dos rejeitos de garimpagem, reconhecidamente mais ricos em minerais pesados. O volume amostrado foi o recomendado para estudos sistemáticos do mesmo tipo, isto é, 10 litros por ponto (Cassedanne 1972, Pereira 1981, Zimbres 1983, entre outros). Como normalmente as áreas de garimpagem envolvem trechos nunca menores que 50 m ao longo da drenagem, o material foi sempre coletado em 2 até 5 pontos em cada área.

O estudo dos minerais pesados que ocorrem nos sedimentos recentes teve como principal objetivo a verificação de granadas supostamente relacionáveis a *pipes* ultrabásicos (Foto 20-A), de aceitação geral entre geólogos prospectores que atuam na Serra do Espinhaço (tais granadas serão descritas em um sub-ítem a parte). Esta suposição não foi confirmada, no entanto foram determinados alguns outros minerais antes deconhecidos na região. As diversas espécies serão descritas por ordem alfabética (Tabelas 19 e 20), com as composições químicas correspondentes extraídas de Deer *et al.* (1966) e Fleischer & Mandarino (1995). As designações fração fina e fração grossa se relacionam aos sedimentos com diâmetros menor e maior que 1 mm, respectivamente.

ANATÁSIO [TiO_2]

As espécies de composição química TiO_2 definem um exemplo típico de polimorfismo, compreendendo os minerais anatásio (tetragonal), brookita (ortorrômbico) e rutilo (tetragonal). O anatásio e o rutilo foram previamante descritos por Cassedanne & Cassedanne (1974), cujos dados foram confirmados com as novas análises por difratometria de raios X realizadas no laboratório do DMP-IG/USP. O anatásio é um dos mais comuns minerais acompanhantes do diamante no Espinhaço, apresentando-se de duas maneiras características.

Os exemplares mais perfeitos e de maior tamanho observados no presente estudo foram coletados no Rio Jequitinhonha (Foto 20-B), na área de lavra da Mineração Rio Novo (PA-01). Anatásios deste tipo podem se apresentar como grãos opacos ou translúcidos desde angulosos até completamente rolados, de coloração cinza claro com tonalidades mais ou menos azuladas. São cristais normalmente euédricos, alongados e constituídos por duas pirâmides de base quadrada, muitas vezes tortos ou achatados longitudinalmente pelo desenvolvimento excessivo de duas faces (111) opostas. Estas faces apresentam sempre estrias paralelas, transversais a elas, conforme observado em cristais não rolados. Os maiores cristais mediram 2,0 cm de comprimento no eixo cristalográfico "*c*". As maclas de penetração são comuns em (001). Confirmando Cassedanne & Cassedanne (1974), foram

observadas pequenas inclusões de fragmentos de quartzo em anatásios do Rio Jequitinhonha.

O outro tipo de anatásio presente, ocorre em grãos transparentes ou raramente translúcidos, quase sempre menores que 0,3 cm, desde angulosos até bem arredondados. Sua coloração é branca, amarelada ou amarelo-mel. Quando apresentam um hábito cristalográfico bem preservado, como no Córrego do Capão (PA-04) e no Rio Caeté-Mirim (PA-08), caracterizam-se por formar uma única pirâmide cortada em sua porção superior pelo desenvolvimento de uma plano (001). Este plano e o plano basal da pirâmide, assim como outros planos de clivagem paralelos, quando presentes, determinam superfícies de brilho mais forte, permitindo que esse mineral muitas vezes seja confundido com diamante em uma análise a vista desarmada.

Ainda com respeito às espécies TiO_2 e suas presenças na região de Diamantina, devem ser destacadas certas observações realizadas junto aos garimpeiros, na medida em que diferem daquelas já tecidas por Cassedanne & Cassedanne (1974): (1) parece que esses autores se enganaram ao designar de "sericória" (termo usado pelos garimpeiros) ao anatásio cinza-azulado. O termo empregado pelos mineradores é "ponta-de-alavanca". Sericória é uma denominação utilizada apenas para o anatásio branco, amarelado ou cor-de-mel, na maioria das vezes transparente, e que as vezes é confundido com o diamante; (2) da mesma forma, aqueles autores se referiram a "ponta-de-alavanca" ao que todos os garimpeiros da região denominam de "cativo-de-cobre" e que as análises químicas mostraram ser grãos de rutilo pseudomorfose de anatásio.

ANDALUSITA [Al_2SiO_5]

A andalusita foi previamente descrita no Distrito de Diamantina por Hussak (1917) nas localidades de Estiva e Cachoeira do Paraúna, e por Guimarães (1934) no Rio Pardo Pequeno. No presente estudo ela foi inicialmente determinada por difratometria de raios X nos aluviões do Rio Jequitinhonha (PA-01). Nesse local a andalusita ocorre na forma de raríssimos grãos transparentes e bem arredondados, de até 4 mm de diâmetro com uma coloração verde oliva clara bastante característica a todos os cristais observados. Não se observou o mineral na fração fina. O pleocroísmo variou desde o verde esmeralda até o amarelo limão. Os índices de refração determinados no refratômetro marca *Eickhorst* foram α=1,632±0,002; β=1,637±0,001 e γ=1,645±0,002. Um difratograma realizado mostrou uma associação do mineral com quartzo.

Posteriormente identificou-se um único grão de andalusita, também por difração de raios X, nos aluviões do curso superior do Córrego do Capão (PA-04), um

afluente do Rio Pardo Pequeno. Era um fragmento de clivagem com 5,5 cm de comprimento no eixo "*c*", levemente achatado e mostrando todas as arestas arredondadas. Como a nascente do córrego está a menos de 3 km do local de amostragem, fica evidenciada a facilidade que esse mineral tem para se desgastar no transporte. Da mesma forma que no Rio Jequitinhonha, não se encontrou a andalusita na fração fina. Como porém a fração grossa visivelmente continha resíduos provenientes do rejeito de garimpagem do diamante e a fração fina foi amostrada incluindo material do leito vivo do córrego, explica-se assim a ausência do mineral nesta última, onde a sua diluição é natural, ao contrário da concentração artificial dos rejeitos de garimpagem.

CIANITA [Al_2SiO_5]

A cianita é um mineral relativamente comum nos aluviões da Serra do Espinhaço, estando presente em todas as frações granulométricas. De particular importância é a sua presença nas amostras do Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07), onde, juntamente com a schorlita, constitui mais que 80 % dos minerais pesados (Foto 20-C). Na região de Grão Mogol é o mineral pesado mais comum (PA-11, PA-12, PA-13). Ocorre principalmente como prismas alongados ou fragmentos de clivagem destes, em variadas cores como azul (predominante), verde, branca, amarela, cinza e mesmo preta. Na forma de agregados, este mineral pode alcançar até 2 cm de comprimento. A cianita é geralmente conhecida pelos garimpeiros como "palha-de-arroz".

CRICHTONITA [$(Sr,La,Ce)(Ti,Fe,Mn)_{21}O_{38}$] / SENAÍTA [$Pb(Ti,Fe,Mn)_{21}O_{38}$]

Estes minerais, muito raros na natureza, constituem uma série isomórfica caracterizada por Grey *et al.* (1976). A senaíta foi descrita como uma espécie nova a partir de amostras coletadas nos depósitos aluvionares das imediações de Datas (Hussak & Prior 1896). Cassedanne & Chaves (1991) determinaram o mineral em outros locais da região de Diamantina, nas proximidades de Extração e Presidente Kubitschek. A crichtonita foi primeiramente reconhecida nesta mesma área por Chaves (1992) e Foord *et al.* (1994), os quais realçaram o fato dos minerais serem óptica e estruturalmente semelhantes e, por isso, só passíveis de distinção através de análises com microssonda eletrônica.

Nas amostragens realizadas, essas espécies só foram observadas nos aluviões do Ribeirão Datas (PA-05), ocorrendo exclusivamente na fração fina. Os minerais não foram diferenciados, devido as determinações terem sido baseadas somente em análises por difratometria de raios X. Os cristais possuem coloração preta, fosca, de brilho submetálico, apresentando formas de romboedros pseudocúbicos ou plaquinhas escamosas,

as vezes arredondadas. Estes minerais não são conhecidos com nomenclatura própria pelos garimpeiros, que os incluem na classificação geral das "ferragens" juntamente com outros óxidos.

CRISOBERILO [$BeAl_2O_4$]

Hussak (1917) ressaltou a "ausência quase completa" do crisoberilo nos cascalhos diamantíferos da região de Diamantina. Esse mineral porém foi determinado nos concentrados de dragagem da Mineração Rio Novo (Rio Jequitinhonha, PA-01), onde aparece em cristais transparentes normalmente anédricos, subangulosos até arredondados, medindo no máximo 0,7 cm de diâmetro (Foto 20-D). Sua coloração varia do verde escuro até claro, incluindo tonalidades amareladas. Um dos grãos difratados mostrou uma associação com quartzo. Nessa localidade o mineral ocorre tanto na fração grossa como na fina.

O crisoberilo foi ainda observado no aluvião do Rio Itacambiruçu, próximo a Grão Mogol (PA-05). Apenas um pequeno grão, muito arredondado e de coloração amarelo claro, foi determinado por difratometria de raios X, em um concentrado que mostrou-se rico em outros minerais de origem pegmatítica.

DIAMANTE [C]

Dois cristais de diamante foram recuperados durante os estudos. O primeiro deles era um rombododecaedro pesando 0,26 ct, encontrado na fração grossa da amostra do Rio Caeté Mirim (PA-08). O outro cristal era um microdiamante, encontrado na lupa binocular, na fração fina da amostra proveniente do Ribeirão Datas (PA-05). Ambos os espécimes foram testados em laboratório com o uso de aparelho gemológico detector de diamante (*diamond-beam*).

DIÁSPORO [AlO (OH)]

Cristais transparentes de coloração violeta claro, medindo até 3 mm segundo o eixo maior, foram determinados como sendo de diásporo por difratometria de raios X, nas amostras provenientes da área de lavra da Mineração Rio Novo (Rio Jequitinhonha, PA-01) e do Rio Pardo Pequeno (PA-03). Todos eles eram tabulares paralelamente a (010). No Rio Jequitinhonha, os raros cristais observados nas várias frações granulométricas eram subangulosos, um deles mostrando-se associado com muscovita, enquanto no Rio Pardo Pequeno, um único cristal, bastante arredondado, foi determinado no *oversize* da peneira de ϕ2 mm.

Tabela 19: Freqüência dos minerais pesados em aluviões diamantíferos da Serra do Espinhaço. A = abundante, C = comum, R = raro, M = muito raro.

MINERAL / LOCAL	Almandina	Anatásio	Andalusita	Cianita	Crichtonita	Crisoberilo	Diamante	Diásporo	Estaurolita	Euclásio	"Favas"	Hematita	Ilmenita	Lazulita	Magnetita	Monazita	Ouro	Pirita	Rutilo	Sillimanita	Turmalina	Xenotímio	Zircão
R.Jequitinhonha PA-01	C	A	M	A	-	R	-	M	R	-	C	A	R	C	A	M	C	C	C	M	A	-	M
R.Jequitinhonha PA-07	R	A	-	A	-	-	-	-	M	-	A	A	R	C	A	-	C	C	A	M	A	R	R
Rio Pardo Grande PA-02	-	C	-	C	-	-	-	-	-	-	C	A	R	-	A	R	R	R	C	-	C	R	R
R. Pardo Pequeno PA-03	-	C	-	C	-	-	-	M	-	R	C	A	R	C	A	-	R	R	C	-	C	-	R
Córrego Capão PA-04	M	R	M	R	-	-	-	-	-	R	R	A	-	C	A	-	R	M	C	-	C	-	R
Ribeirão Datas PA-05	-	C	-	C	M	-	M	-	-	-	C	A	C	-	A	R	R	A	A	-	C	R	R
Rib. do Inferno PA-06	-	C	-	A	-	-	-	-	-	-	C	C	R	C	A	-	C	C	A	-	A	R	R
Rio Caeté-Mirim PA-08	-	R	-	C	-	-	M	-	-	-	C	C	R	-	A	C	R	C	C	-	A	-	M
Cor. Santa Maria PA-09	-	C	-	C	-	-	-	-	-	-	C	A	R	-	A	-	R	R	C	-	C	R	R
Rib. Pinheiro PA-10	-	C	-	C	-	-	-	-	-	-	C	C	R	-	A	-	R	C	A	-	C	-	M
Rio Itacambiruçu PA-11	-	R	-	C	-	R	-	-	-	-	R	C	M	-	C	-	R	C	C	-	C	-	R
Cor. da Morte PA-12	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor. Pastinho PA-13	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
Rio Jequitaí PA-14	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	C	M	-	R	R	-	R	-	-
Corrego Boi Morto PA-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor. Buriti Grande PA-16	-	M	-	R	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	C	M	-	R	R	-	R	-	R

Hussak (1917) havia descrito o diásporo apenas na região da Chapada Diamantina, ressaltando que "na forma em que raramente aparece nas areias diamantíferas do Brasil esse mineral é dificilmente distinguido da cianita incolor (que é muito mais abundante) pelo brilho das lamelas de clivagem de cor cinzenta esbranquiçada, semelhante as lamelas de clivagem do feldspato". Todas as amostras observadas na região de Diamantina, porém, possuíam uma cor violeta semelhante a de uma ametista clara, portanto diferem dos exemplares descritos por Hussak (1917) e na bibliografia mineralógica clássica (por exemplo, Deer *et al.* 1966).

ESTAUROLITA $[(Fe,Mg)_4\ Al_{17}\ (Si,Al)_8\ O_{44}\ (OH)_4]$

Alguns raros cristais inteiros, além de fragmentos de estaurolita foram verificados na fração fina dos aluviões do Rio Jequitinhonha (PA-01), mostrando coloração vermelha clara a pardacenta. Os espécimes observados são pouco rolados, alguns deles ainda apresentando faces brilhantes, e foram determinados por suas características ópticas.

EUCLÁSIO $[Be\ AlSiO_4(OH)]$

Pequenos cristais incolores de euclásio já haviam sido descritos por Hussak (1917) em associação com o diamante nos depósitos aluvionares de Santa Izabel do Paraguassu (atual Mucugê), na Chapada Diamantina (Bahia). Na região de Diamantina, esse mineral foi determinado durante os estudos em dois locais: no Rio Pardo Pequeno (PA-03) e no Córrego do Capão (PA-04). No aluvião do Córrego do Capão, o euclásio, determinado inicialmente por difratometria de raios X, aparece na forma de prismas monoclínicos relativamente bem preservados do desgaste mecânico, com estrias verticais características no sentido do eixo "*c*". O maior exemplar observado media 0,5 cm de comprimento. No Rio Pardo Pequeno, da mesma forma que o concentrado em geral, o euclásio é bastante rolado, com os grãos pronunciadamente achatados no plano de clivagem do pinacóide (010), atingindo até pouco mais que 1 cm de comprimento (Foto 21-A).

Os euclásios são em geral incolores, transparentes e macroscopicamente "limpos"; raramente apresentam uma tonalidade rosada (Rio Pardo Pequeno). O peso específico obtido de cinco amostras do Córrego do Capão, demonstrou valores de 3,09±0,02 g/cm^3 e os dados ópticos, determinados com refratômetro *Eickhorst*, valores limites de 1,650±0,001 e 1,671±0,001 com dupla refração de 0,021±0,002. Nas duas localidades onde o mineral foi reconhecido, apesar da densidade mais alta e do hábito característico, vários exemplares eram considerados como "cristal" (quartzo) pelos garimpeiros. De outra

forma, alguns comerciantes locais de diamante, admitiram que já compraram exemplares de euclásio euédrico, confundindo-os com a outra preciosa gema.

"FAVAS" FOSFATADAS **FLORENCITA** $[CeAl_3 (PO_4)_2 (OH)_6]$
GORCEIXITA $[BaAl_3 (PO_4) (PO_3OH) (OH)_6]$
GOYAZITA $[SrAl_3 (PO_4) (PO_3OH) (OH)_6]$

As "favas" constituem pequenos grãos muito rolados, de formato discóide ou achatado, apresentando superfícies lisas e brilhantes (Foto 21-B). Embora o termo "fava" seja de origem garimpeira, sem qualquer conotação mineralógica, diversos autores o tem utilizado (Hussak 1917, Guimarães 1934, Bardet 1974, Cassedanne & Cassedanne 1973) e, por isso, preferimos aqui mantê-lo, porém discriminando os minerais que ocorrem sob esta denominação. Hussak (1917) separou as "favas" em dois tipos: as fosfatadas e as de óxido de titânio. Cassedanne & Cassedanne (1974), no entanto, preferiram restringir o termo apenas para as "favas" fosfatadas, já que as outras foram então determinadas como sendo de rutilo leucoxenizado.

Apesar de nem sempre abundantes, as "favas" podem ser consideradas entre os acompanhantes mais freqüentes do diamante da Serra do Espinhaço. Os maiores grãos observados eram provenientes do Rio Jequitinhonha (PA-07) e mediram cerca de 0,5 cm de diâmetro. Os minerais correspondentes, goyazita, gorceixita e florencita são muito difíceis de ser diferenciados opticamente, uma das razões do uso pelos geólogos da designação geral. Além disso, os dois últimos constituem uma série isomórfica onde é comum a ocorrência de termos intermediários (Cassedanne & Cassedanne 1973), complicando também a leitura dos difratogramas. Guimarães (1934) argumentou que esses fosfatos são provenientes da alteração da monazita e do xenotímio, considerando que os últimos são muito mais raros que as "favas".

HEMATITA $[\alpha\text{-}Fe_2O_3]$

A hematita é de presença constante nos depósitos estudados, sendo em vários deles o mais abundante dos minerais pesados (PA-02, PA-03, PA-04, PA-06, PA-09). Apresenta-se em grãos pretos, desde angulosos até completamente arredondados, os quais raramente excedem a 0,5 cm de diâmetro. Nota-se com freqüência a sua variedade especularita, em cristais tabulares que se destacam por seu brilho forte nos concentrados diamantíferos. Eles são conhecidos pelos garimpeiros pelos nomes de "ferragem" (hematita comum) e de "espelho-de-macaco" (especularita).

ILMENITA [$FeTiO_3$]

A ilmenita é particularmente importante na prospecção do diamante, pois sua variedade rica em magnésio (4-17 % de MgO, segundo Mitchell 1986) é considerada como um dos seus principais minerais indicadores, devido a presença de ambos em rochas kimberlíticas (Tabela 16). Na região da Serra do Espinhaço esse mineral é pouco comum, mas como ele freqüentemente ocorre nos veios de quartzo que cortam as seqüências regionais, não permite que seja considerado um traçador, nos aluviões, de rochas fontes daquele tipo.

Entre os pontos amostrados, a ilmenita apareceu com maior freqüência no Ribeirão Datas (PA-05), onde os grãos apresentam-se na forma de cristais tabulares hexagonais, pretos, na maioria das vezes fragmentados e rugosos. Dois destes grãos foram analisados na microssonda eletrônica da UFRGS, constatando-se que são ilmenitas pobres em magnésio (0-0,03 % de MgO), portanto sem interesse na prospecção diamantífera. Os garimpeiros incluem-na, juntamente com a hematita e outros óxidos, entre as suas "ferragens".

LAZULITA [$(Mg,Fe)Al_2(PO_4)_2(OH)$]

A lazulita constitui o polo magnesiano de uma série isomórfica na qual o outro polo, ferrífero, é representado pela scorzalita. Cassedanne & Cassedanne (1975) ressaltaram que na região de Diamantina só ocorre o primeiro mineral, o qual é considerado um acompanhante "clássico" do diamante na Serra do Espinhaço em suas porções meridional e central, sendo descrito em todos os trabalhos que trataram do assunto (Gorceix 1881, Hussak 1917, Guimarães 1934, entre outros). A lazulita está presente na maior parte das amostras coletadas nos aluviões, tanto na fração grossa como na fina, apresentando uma coloração que varia do azul celeste claro até o azul marinho. Os cristais são normalmente bem arredondados, observando-se exemplares desde opacos até perfeitamente transparentes, neste último caso uma característica das amostras do Rio Pardo Pequeno (PA-03) e do Córrego do Capão (PA-04).

Reconhece-se facilmente a lazulita nas amostras, por sua cor característica e pelos grãos arredondados levemente achatados ou ovóides, de um brilho algo fosco (Foto 21-D). O maior cristal observado mediu 1,2 mm (Rio Pardo Pequeno, PA-03). Um pequeno grão azul esverdeado claro, transparente (2 mm), subanguloso e anédrico, diferente assim da maioria das outras amostras, foi determinado por difratrometria de raios X nos concentrados da Mineração Rio Novo (PA-01). A clivagem fácil junto com uma dureza relativamente baixa do mineral (5,5-6), explica o fato do mineral se apresentar como grãos arredondados. Assim sendo, mesmo no ponto de amostragem aluvionar mais proximal, aquele situado no Córrego

do Capão (PA-04), a lazulita mostrou-se perfeitamente arredondada. Os garimpeiros conhecem este mineral pelos nomes de "pedra-de-anil" ou "azulinha".

MAGNETITA [Fe_3O_4]

É um outro mineral muito comum em todos os depósitos estudados. Apresenta-se freqüentemente como octaedros perfeitos, pretos ou amarronzados, que alcançam quase 1 cm ao longo do eixo "*c*". Na forma pulverizada, a magnetita predomina na maioria das frações finas estudadas. Em grande parte, os octaedros são da variedade martita, não magnética, enquanto o pó fino é fortemente magnetizado. Ambos os tipos são conhecidos pelos garimpeiros com denominações próprias: "cativos-de-ferro" (cristais octaédricos) e "esmeril" (pó fino que inclui também a hematita).

MONAZITA [$(Ce,La,Th)PO_4$]

Esse mineral tem sido descrito em detalhes com certa freqüência no Distrito de Diamantina (por exemplo, Derby 1899,1900, Hussak 1917, Guimarães 1934, Schöll & Turinsky 1980, Munhóz 1981), ainda que o autor do presente estudo tenha notado um engano relativamente comum entre geólogos de firmas de pequisa mineral, que confundem a monazita com "granadas" *sensu lato*. Nas amostragens aluvionares a monazita foi determinada por difração de raios X nas frações fina e grossa dos rios Pardo Grande (PA-02) e Caeté Mirim (PA-08), e no Ribeirão Datas (PA-05).

Os maiores grãos observados deste mineral apresentam um tamanho bastante uniforme, no máximo com 0,3 mm. Todos eles são transparentes, de coloração marrom claro de tonalidade âmbar, variando de angulosos até subarredondados. Cristais euédricos são comuns, mostrando prismas monoclínicos ligeiramente tabulares segundo (010). Nesses planos o brilho, resinoso, é mais forte. Os garimpeiros conhecem a monazita pelo nome de "rubim".

OURO [Au]

O ouro é um dos minerais mais característicos dos aluviões diamantíferos da região de Diamantina. A região produz com freqüência pepitas de várias gramas, assim como é comum a presença, nos depósitos eluvio-coluvionares, de cristais perfeitamente octaédricos que alcançam até alguns milímetros de comprimento. No Rio Jequitinhonha, esse mineral é separado como subproduto da mineração do diamante, nas áreas de lavra das companhias mineradoras Rio Novo e Tejucana, com teores médios variáveis entre 0,05 e 0,10 g/m^3 (Fleischer 1991, Dupont 1991).

Em todos os pontos de amostragem, nos distritos de Diamantina e de Grão Mogol, apareceram "pintas" de ouro já observáveis no fundo das porções separadas através do bateiamento. Os maiores grãos, recuperados nas amostragens do Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07) mediram pouco mais que 0,5 mm. Dentre as principais formas observadas, destacam-se as plaquinhas muito achatadas e os agregados botrioidais. Alguns cristais arredondados, porém ainda conservando planos do octaedro (111) foram notados principalmente entre as amostras provenientes da área serrana (PA-02, PA-04, PA-09).

PIRITA [FeS_2]

Raras vezes esse mineral é encontrado em cristais não alterados nos depósitos aluvionares diamantíferos do Espinhaço. Apenas em um local do Rio Jequitinhonha (PA-01) a pirita foi observada em cristais amarelos, de hábito cúbico ou como agregados complexos, por vezes levemente rolados. Os maiores indivíduos alcançavam pouco menos que 1 cm de lado. A sua ocorrência como pseudomorfoses em limonita, de coloração marrom ou ocre, no entanto, é comum em todas as frações granulométricas dos depósitos estudados. Neste caso, os cristais são encontrados como cubos perfeitos ou distorcidos, raramente geminados, e na maioria das vezes fragmentados, podendo atingir mais que 2 cm de aresta (PA-05, Ribeirão Datas).

Os garimpeiros denominam ambos os tipos como "pedra-de-Sant'ana" ou simplesmente de "santana".

RUTILO [TiO_2]

Cristais de rutilo são muito comuns nos depósitos aluvionares diamantíferos das regiões de Diamantina e de Grão Mogol, sendo verificados em todos os locais de amostragem. Hussak (1917) considerou esse mineral como o mais abundante e constante dos "satélites".

Na região, o rutilo ocorre de três formas diferentes:

(i) Em prismas alongados, estriados longitudinalmente quando não são arredondados e, as vezes, apresentando geminação polissintética pela face (101). Esses cristais em geral são pretos e, no caso de alguns menores ou mais achatados, vermelhos escuros. Os maiores observados alcançaram 1 cm de comprimento;

(ii) Em bipirâmides tetraédricas, freqüentemente fragmentadas, de colorações avermelhadas ou róseas. Os cristais são sempre porosos, apresentando um brilho fosco, e raramente excedem a 0,5 cm de comprimento. Cassedanne & Cassedanne (1974)

primeiramente determinaram tal variedade como rutilo (em geral confundida com anatásio) e os estudos difratométricos ora realizados confirmaram esses dados;

(iii) Em grãos completamente rolados, achatados e algo compridos, de coloração creme "queimado" ou marrom clara, apresentando superfícies brilhosas, como se fossem envernizadas. São particularmente importantes no Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07) e no Ribeirão Datas (PA-05), onde atingem até 0,8 cm de comprimento. Esses rutilos são leucoxenizados e anteriormente eram incluídos entre as "favas" fosfatadas florencita, gorceixita e goyazita (Cassedanne & Cassedanne 1974).

Os garimpeiros conhecem as várias formas desse mineral com nomes diferentes, respectivamente (i) "agulha", (ii) "cativo-de-cobre" e (iii) "fava marrom".

SILLIMANITA [Al_2SiO_5]

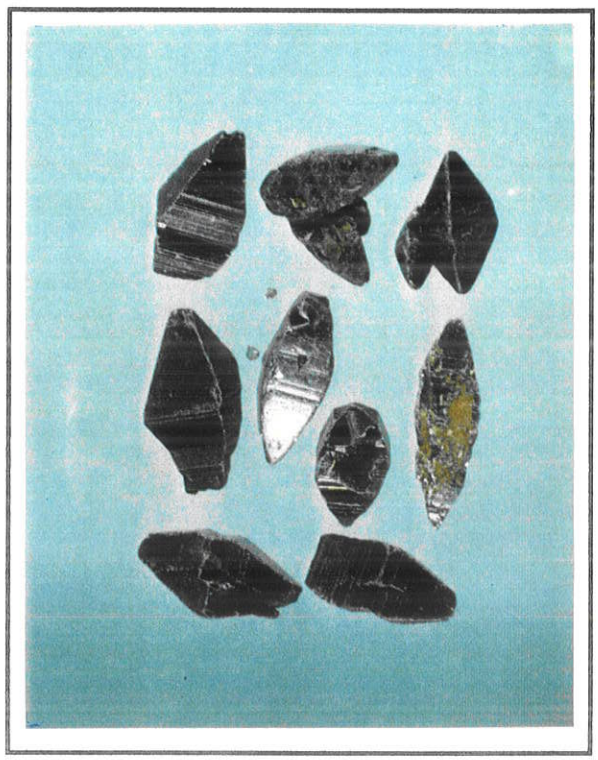
Na região de Diamantina, a sillimanita é um mineral raro nos cascalhos do Rio Jequitinhonha, onde foi primeiramente descrita por Hussak (1917). No presente trabalho ele só foi caracterizado, por suas propriedades ópticas, neste mesmo local (PA-01), na forma de grãos muito rolados, alongados, que podem alcançar até alguns centímetros de comprimento. Observados no microscópio óptico, esses grãos mostram-se como agregados de fibras delgadas e incolores de sillimanita, intercrescidas com quartzo. A cor desses agregados varia do branco ao bege claro, alguns deles apresentando uma coloração algo azulada devido a inclusão de finas e longas agulhas de schorlita. Os garimpeiros reconhecem este mineral pelas designações de "osso-de-cavalo" e "ossada".

TURMALINAS (?)ELBAÍTA [$Na\ (Li,Al)_3\ Al_6\ (BO_3)_3\ Si_6O_{18}\ (OH)_4$]
(?)SCHORLITA [$Na\ Fe_3Al_6\ (BO_3)_3\ Si_6O_{18}\ (OH)_4$]

Os minerais do grupo das turmalinas são comuns nos cascalhos diamantíferos das regiões de Diamantina, de Grão Mogol e da Serra do Cabral. Na maioria das vezes, a espécie presente é a turmalina preta (schorlita?), que aparece em grãos muito arredondados e algo alongados, os quais, no Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07), alcançam até 2 cm de comprimento (Foto 21-D). Encontram-se ainda grãos compostos de agregados microscópicos com quartzo mostrando uma coloração característica cinza-azulada, os quais representam fragmentos de turmalinito. Turmalinas verdes e róseas, possivelmente da espécie elbaíta, foram observadas apenas no Córrego do Capão (PA-04) e, em raríssimos grãos da fração fina, no Rio Jequitinhonha (PA-01). Os garimpeiros conhecem a turmalina preta pelos nomes de "feijão-preto" e de "pretinha".

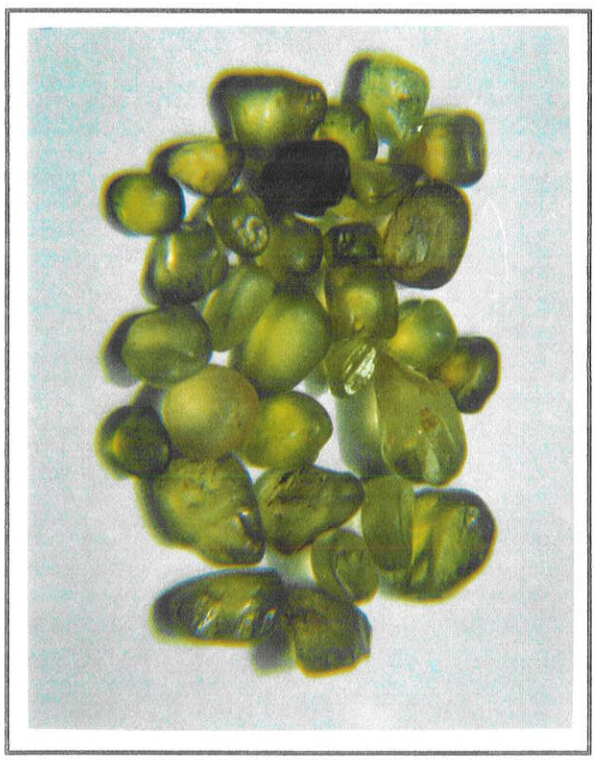
(A)

(B)



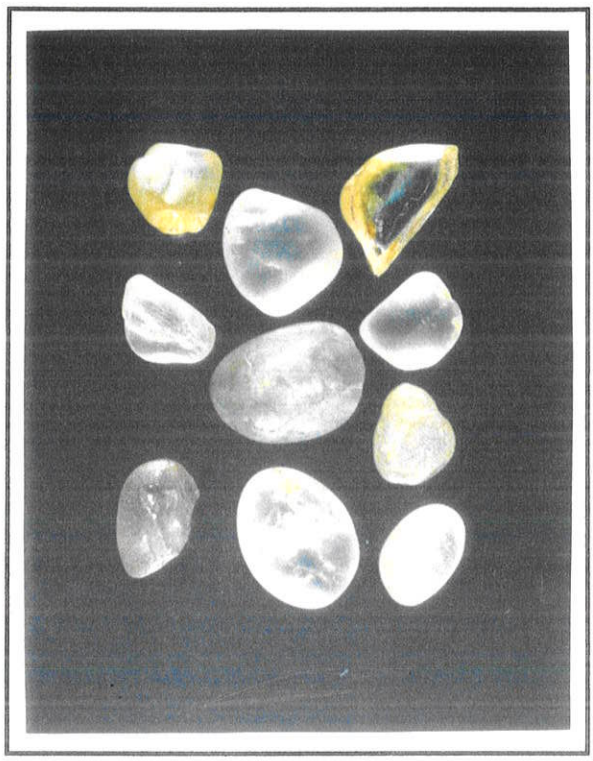
(C)

(D)

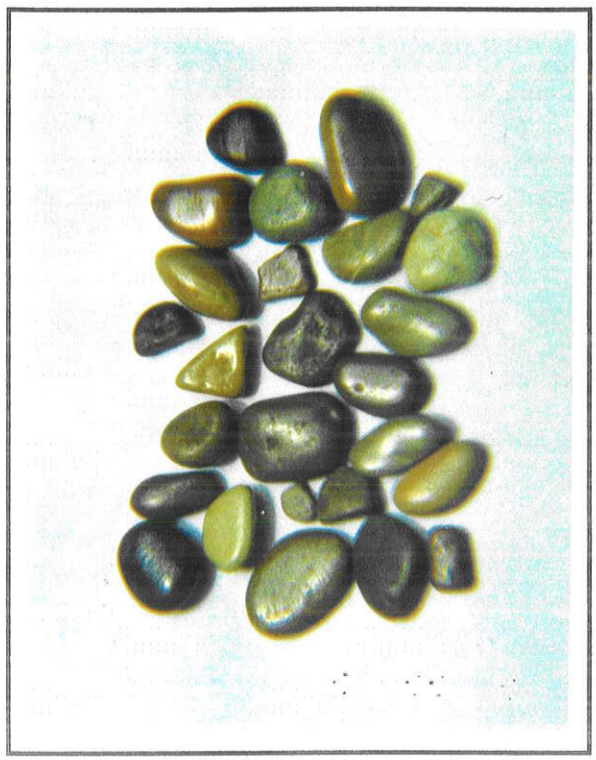


Fotos 20-A, 20-B, 20-C, 20-D: Minerais encontrados nos aluviões diamantíferos da região de Diamantina - (A) Granadas, (B) Anatásio, (C) Cianita, (D) Crisoberilo.

(A)

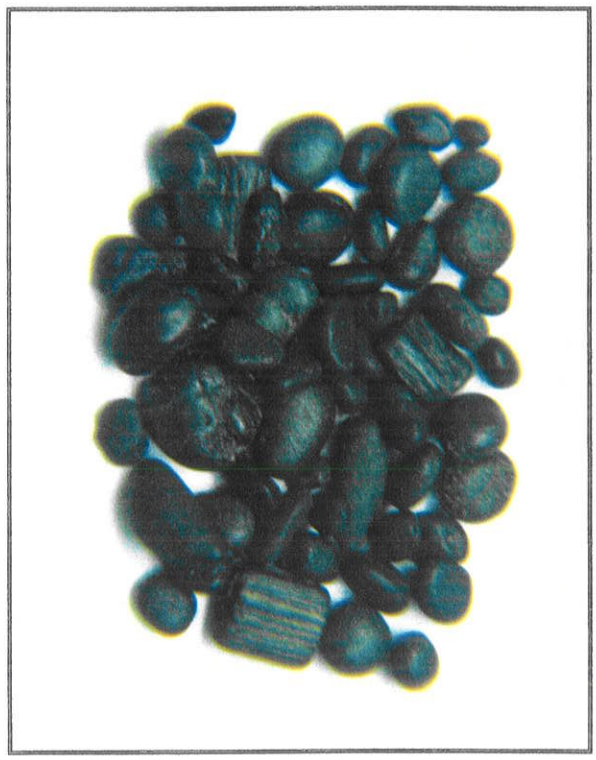


(B)



(C)

(D)



Fotos 21-A, 21-B, 21-C, 21-D: Minerais encontrados nos aluviões diamantíferos da região de Diamantina - (A) Euclásio, (B) "Favas", (C) Lazulita, (D) Turmalinas pretas.

XENOTÍMIO-(Y) [YPO_4]

Esse mineral aparece com freqüência nos cascalhos aluvionares da região de Diamantina, sendo primeiramente descrito em várias localidades por Hussak (1917). Ocorre de maneira rara na maior parte das amostras provenientes da serra ou mais próximas dela (PA-02, PA-04, PA-05, PA-06, PA-10), em duas formas características. A primeira inclui cristais bipiramidais tetragonais, beges, alaranjados ou marrom claros, sendo mais comum em certos pontos (PA-02, PA-04), aparecendo apenas na fração fina.

A segunda forma é notada pela cor amarelo pardacenta e por constituir prismas quadráticos que podem alcançar cerca de 1 cm de comprimento, como no aluvião do Ribeirão Datas (PA-05). Em alguns cristais observou-se que, além de mais compridos segundo uma das faces, eles eram distorcidos, de modo que apresentavam certa semelhança com um saca-rolhas, forma esta já descrita por Hussak (1917). Este mesmo autor se refere às designações garimpeiras "sericória'-de-saltão" e "vidraça" para o xenotímio, termos estes que parecem ter caído em desuso, pois não foram notados em nenhum dos locais estudados.

ZIRCÃO [$ZrSiO_4$]

O zircão é um mineral presente em todos os pontos de amostragem, com freqüências variáveis, ocorrendo exclusivamente na fração fina. Apresenta-se de duas formas características. A primeira, sempre como grãos muito rolados, de coloração rósea, avermelhada ou violeta clara. Esses tipos assemelham-se muito a granadas e assim, equivocadamente, vários grãos foram polidos para o estudo na microssonda eletrônica, sendo identificados apenas durante a análise por *EDS* prévia às análises quantitativas.

A outra forma observada é de coloração bege ou marrom clara, às vezes avermelhada. Na maioria das vezes esses cristais estão alterados para a variedade malaconita. Neste caso, eles mostram-se como prismas quase sempre perfeitos, os quais, cortados paralelamente ao eixo vertical, deixam transparecer um núcleo fresco com os contornos definidos do mineral original (paralelos aos das faces externas do cristal), circundado por uma crosta mais ou menos alterada para malaconita.

7.3. MINERAIS DO CONGLOMERADO SOPA

Freise (1930) relacionou pela primeira vez alguns minerais pesados que acompanham o diamante na matriz dos conglomerados da Formação Sopa Brumadinho, identificando magnetita, magnetita titanífera, hematita, goethita, pirita, pirolusita, ilmenita, senaíta, cassiterita, rutilo e cromita. Trabalhos mais recentes, devidos a Schöll & Turinsky (1980) e Munhóz (1981) reconheceram diversos minerais da fração mais fina dos concentrados, incluindo anatásio, apatita, cianita, epídoto, florencita e um outro mineral do grupo da crandalita (estes dois últimos correspondendo às "favas" dos garimpeiros), monazita, titanita, turmalina, xenotímio e zircão.

A caracterização segura de um ambiente de leque aluvial para a origem do Conglomerado Sopa resultou de imediato na consideração da existência de rochas fontes primárias do diamante no próprio sítio de sedimentação do Supergrupo Espinhaço (Garcia & Uhlein 1987, Chaves 1988, Almeida-Abreu 1993). Estes estudos, porém, não foram acompanhados de trabalhos complementares que pudessem ou não apoiar a hipótese. Neste contexto, o estudo mineralógico ora realizado tem importância fundamental: sem dúvidas, admitindo-se como verdadeira a premissa de uma fonte primária próxima, mesmo em quantidades ínfimas deveriam ocorrer minerais satélites autênticos pelo menos na matriz do Conglomerado Sopa, o que não foi confirmado no presente estudo.

Assim sendo, o principal objetivo da amostragem de pesados nos depósitos diamantíferos do Espinhaço foi a recuperação de fases minerais importantes relacionadas a rochas kimberlíticas e/ou lamproíticas. Os poucos trabalhos que trataram da descrição mineralógica desses depósitos demonstraram a inexistência daquelas fases (por exemplo, Hussak 1917, Guimarães 1934, Schöll & Turinsky 1980, Munhóz 1981). Por outro lado, o fato das amostragens nesses estudos terem sido sempre aleatórias e/ou abrangendo volumes muito reduzidos de material, aumentava-se a possibilidade de que as mesmas não incluíssem algum mineral importante.

Nos depósitos sedimentares diamantíferos, o teor de diamante é sempre inferior ao teor dos outros minerais pesados de filiação ultrabásica (Bardet 1974). Procurou-se assim, obter um volume amostrado que permitisse reduzir ao máximo o risco de não se recuperar esses minerais, se existentes. Os depósitos e repectivas amostragens, foram divididos em dois grupos: rochas conglomeráticas e sedimentos aluvionares recentes. Conforme as considerações efetuadas no item 2.1.3, nos corpos conglomeráticos a amostragem foi vertical ao longo de todo o perfil rochoso, em seções de 0,20 x 0,20 m abertas em pelo menos dois pontos de cada lavra

As amostragens envolveram as rochas conglomeráticas da Formação Sopa Brumadinho na região de Diamantina, e também os conglomerados que ocorrem nas proximidades de Grão Mogol, no presente estudo designados de Formação Grão Mogol. Em geral os conglomerados são pobres em minerais pesados sendo que, na fração grossa, predominam largamente os óxidos de ferro (Tabela 19).

ANATÁSIO [TiO_2]

O anatásio está presente na fração fina de alguns pontos de amostragem, todos situados no Distrito de Diamantina (PC-02, Lavrinha; PC-04, Serrinha; PC-05, Datas de Cima). Ocorre como raros grãos, angulosos, facilmente reconhecidos na lupa binocular estereoscópica por seu forte brilho. Os grãos geralmente constituem fragmentos de formas piramidadas, os quais apresentam coloração que varia do amarelo claro ao marrrom.

CIANITA [Al_2SiO_5]

A cianita é um mineral de presença rara nos depósitos conglomeráticos da região de Diamantina, onde foi determinado somente na fração fina da Lavra Datas de Cima (PC-05). Ocorre nessa lavra como fragmentos angulosos, transparentes, azuis ou incolores. Em Grão Mogol, a cianita é relativamente comum em todas as frações, tanto nos conglomerados (PC-06, Pedra Rica; PC-07, Batatal), como também nos depósitos coluvionares e aluvionares. Nesses locais o mineral se apresenta em fragmentos brancos (preferencialmente), incolores e azulados, ou em agregados com quartzo recristalizado e mica branca.

DIAMANTE [C]

Este mineral foi determinado, por métodos ópticos e através de testes no aparelho gemológico *diamond-beam*, nas duas localidades do Distrito de Diamantina (PC-04, Serrinha; PC-05, Datas de Cima) onde o volume das amostragens foram maiores (≅5000 kg de material constituído de clastos + matriz). Nestes locais, a amostragem ocorreu diretamente a partir do concentrado fino da jigagem, após todo o processamento normal de mineração. Em ambas as lavras os microcristais apresentavam hábitos cristalinos perfeitos, sendo em Datas de Cima um rombododecaedro (0,002 ct), e na Serrinha um octaedro levemente achatado (0,004 ct).

MONAZITA [(Ce,La,Th) PO_4]

Na região de Diamantina, a monazita é um mineral comum no concentrado fino da Mina do Campo Sampaio (PC-01), porém raro nos conglomerados de Datas de Cima (PC-05). Nestes depósitos o mineral se apresenta como grãos angulosos, anédricos, translúcidos e de coloração variando do marrom escuro até o amarelo âmbar. Eles são muito corroídos, embora apresentem restos de faces brilhantes.

OURO [Au]

O ouro é um mineral que normalmente se acreditava ausente dos conglomerados da Formação Sopa Brumadinho (Uhlein *et al.* 1986b). Nas amostragens de maior volume, porém, como nas lavras Serrinha (PC-04) e Datas de Cima (PC-05), este mineral foi observado na fração fina, na forma de raras lamelas muito corroídas e com bordos serrilhados. Cassedanne (1995, comunicação escrita) observou também a presença de ouro no cimento do conglomerado diamantífero do alto curso do Córrego Bom Sucesso, ao norte de Serro.

ÓXIDOS DE FERRO HEMATITA [α-Fe_2O_3]
MAGNETITA [Fe_3O_4]

Conforme anteriormente ressaltado, estes dois minerais, incluindo fases alteradas por hidroxidação, constituem a quase totalidade das espécies presentes na fração grossa dos conglomerados, em todas as localidades estudadas. Nas frações fina e grossa, os cristais variam desde euédricos até anédricos, e todos os graus de arredondamento foram observados. O pó fino resultante do bateiamento das amostras, formado predominantemente por estes dois minerais, é conhecido pelos garimpeiros como "polme".

PIRITA [Fes_2]

Este mineral, em sua psedomorfose para limonita, foi observado de maneira comum, nas frações grossa e fina da amostra procedente da Lavra Datas de Cima (PC-05). Ocorre neste local como cristais marrons de hábito cúbico, na maioria das vezes perfeitamente euédricos, ou ainda geminados. O maior cristal observado possuía arestas medindo cerca de 1,2 cm.

Tabela 20: Freqüência dos minerais pesados em conglomerados diamantíferos da Serra do Espinhaço. A = abundante, C = comum, R = raro, M = muito raro.

MINERAL / LOCAL	Anatásio	Cianita	Diamante	Hematita	Magnetita	Monazita	Ouro	Pirita	Rutilo	Turmalina	Xenotímio	Zircão
Campo Sampaio PC-01	-	-	-	A	C	C	-	-	C	-	-	M
Lavrinha PC-02	C	-	-	A	C	-	-	-	M	C	-	M
Lavrinha PC-02A	-	-	-	C	C	-	-	-	-	M	-	R
Alto das Carrancas PC-03	-	-	-	A	A	-	-	-	M	R	-	M
Serrinha PC-04	C	-	M	A	C	-	R	-	M	C	-	M
Datas de Cima PC-05	A	R	M	A	A	R	R	C	C	-	R	M
Mugongo PC-08	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	M
Diamante Vermelho PC-09	-	-	-	C	C	-	-	-	-	-	-	M
Brumadinho PC-10	-	-	-	C	A	-	-	-	M	-	-	M
Sopa PC-11	-	-	-	C	A	-	-	-	M	-	-	M
Chalé PC-12	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	M
Boa Vista PC-13	-	-	-	A	C	-	-	-	M	-	-	M
Pedra Rica PC-06	-	C	-	A	C	-	-	-	M	R	-	M
Batatal PC-07	-	C	-	A	C	-	-	-	M	R	-	M

RUTILO [TiO_2]

O rutilo é relativamente abundante em diversos depósitos da região de Diamantina, se destacando por sua presença nas lavras do Campo Sampaio (PC-01) e Datas de Cima (PC-05). Ocorre nesses locais em prismas euédricos e palhetas de hábito tabular, angulosos, e as vezes como lâminas delgadas, de coloração vermelha ou alaranjada, associados com hematita. Neste caso, os cristais de rutilo são nitidamente estriados e se dispõem, geralmente, entre os planos de clivagem (0001) da hematita.

TURMALINA (?)SCHORLITA [$Na\ Fe_3Al_6\ (BO_3)_3\ Si_6O_{18}\ (OH)_4$]

A turmalina preta ocorre de maneira comum a rara nos conglomerados da Lavrinha (PC-02), Alto das Carrancas (PC-03) e Serrinha (PC-04), no Distrito de Diamantina. Na Pedra Rica (PC-06), em Grão Mogol, este mineral, raro, é um dos poucos pesados presentes. Essa turmalina foi também verificada de maneira rara nos intraclastos de conglomerado dentro do Conglomerado Sopa na Lavrinha (PC-02A). Entre os cristais observados nessas localidades, predominavam os tipos euédricos, sem nenhum arredondamento, os quais mostravam hábitos prismáticos ou fragmentos destes.

XENOTÍMIO-(Y) [YPO_4]

O xenotímio-(Y) foi observado na fração fina, de maneira rara, apenas na Lavra Datas de Cima (PC-05). Ocorre como prismas quadráticos, euédricos e translúcidos, apresentando coloração marrom clara ou bege fosca.

ZIRCÃO [$ZrSiO_4$]

Este mineral está presente em todos os pontos de amostragem, de modo comum até abundante, sempre na fração fina dos concentrados. Apresenta colorações rósea, vermelha ou cor de vinho. Os cristais de zircão são muito arredondados e mostram um padrão homogêneo de diâmetro, testemunhando um ciclo de erosão anterior a sua deposição nos conglomerados. De fato, ele foi o único mineral pesado com feições típicas de rolamento encontrado na matriz dos intraclastos dentro do Conglomerado Sopa (PC-02A, Lavrinha), apresentando as mesmas características dos zircões presentes na matriz do próprio conglomerado.

7.4. ESTUDO DAS GRANADAS

As granadas constituem espécies pouco abundantes na Serra do Espinhaço. Na realidade, sob uma análise visual rápida, esses minerais são normalmente confundidos com o zircão vermelho ou mesmo com a monazita. Hussak (1917) descreveu a presença de grossulária, em dodecaedros de até 6 cm, nos aluviões de Datas e Serro, ressaltando suas características gemológicas. Este mesmo autor mencionou a existência de espessartita na brecha de São João da Chapada. Schöll & Turinsky (1980) observaram a ocorrência de almandina entre os pesados de uma das amostras de rochas do Supergrupo Espinhaço, mas não especificaram em qual. Recentemente, Chaves & Karfunkel (1994) reconheceram, por métodos ópticos, granadas ocorrendo junto com euclásio no aluvião do Córrego do Capão, cujas análises são agora fornecidas.

Depois de separadas nos processos de concentração com bromofórmio e separador eletromagnético *Frantz*, as granadas foram observadas em proporção algo maior apenas nos aluviões do Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07), do Córrego Capão (PA-04), do Ribeirão do Inferno (PA-06) e do Rio Itacambiruçú, este último na região de Grão Mogol (PC-06). Os cristais, agrupados em populações típicas, foram determinados por difratometria de raios X. Diversos micrograos onde não se conseguiu a determinação por este método, foram analisados inicialmente na microssonda por *EDS* e, só após a confirmação de que eram granadas, eles foram analisados quantitativamente por *WDS*. O estudo incluiu ainda análises comparativas (*WDS*), em granadas separadas da mesma maneira da matriz dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel.

7.4.1. Região da Serra do Espinhaço

No Distrito de Diamantina, dezenas de pequenos grãos de granada com diâmetros sempre menores que 2 mm, foram recuperados principalmente nos aluviões do Rio Jequitinhonha (PA-01, PA-07). Três grãos foram amostrados no Córrego do Capão (PA-04), além de apenas um no Ribeirão do Inferno (PA-06). Na região de Grão Mogol, esse mineral é relativamente comum no principal rio diamantífero da região, o Rio Itacambiruçú, onde vários grãos foram também recuperados.

A granada apresenta-se nas colorações rósea clara a escura, com tonalidades variando do vermelho até o violeta claro. Os cristais são anédricos e principalmente angulosos. É comum a presença de escamas nas superfícies de clivagem, além de inclusões de quartzo e turmalina preta. Amostras com diferentes características de

cor e aspecto morfológico foram analisadas com microssonda eletrônica, mas não mostraram diferenças composicionais significativas, conforme os dados apresentados nas Tabelas 21, 22 e 23. Esses dados demonstram que são todas granadas da espécie almandina, com a percentagem desta molécula variando entre 69,8 e 75,3 % em peso. Elas são essencialmente constituídas de silício, alumínio e ferro bivalente, com valores de magnésio, cálcio e manganês subordinados, e insignificantes valores de titânio, cromo e ferro trivalente, conforme ilustrado nos diagramas ternários Ca-Mg-Fe^{2+} da Figura 37. São granadas de origem crustal, sem portanto qualquer relação com os diamantes aos quais se associam nos depósitos aluvionares.

As amostras provenientes das partes altas da Serra do Espinhaço (Córrego Capão e Ribeirão do Inferno) mostraram valores muito semelhantes com aqueles apresentados para as granadas do Rio Jequitinhonha. Assim sendo, as almandinas comuns nos depósitos aluvionares deste último rio provavelmente procedem de rochas granitóides do Embasamento Pré-Espinhaço, como as que ocorrem na região de Gouveia e adjacências, onde o Córrego Capão e o Ribeirão do Inferno possuem as suas nascentes.

7.4.2. Comparações com a região de Coromandel

Os depósitos aluvionares da região de Coromandel (Província Diamantífera do Alto Paranaíba) se caracterizam por um amplo espectro de minerais pesados onde se destacam as granadas, muitas delas classificadas como da espécie piropo (Hussak 1917, Barbosa 1991). Piropos cromíferos, de origem mantélica, foram previamante determinados nos conglomerados cretácicos da Mina de Romaria (Svisero 1979) e no solo de alteração do *pipe* ultrabásico da Fazenda Vargem, município de Coromandel (Svisero *et al.* 1977, Esperança *et al.* 1995).

Na região de Coromandel considera-se a principal fonte espalhadora dos diamantes no meio aluvionar atual é o conglomerado basal do Grupo Bauru, atribuído ao Cretáceo Superior (Barbosa *et al.* 1970, Hasui & Penalva 1970, Svisero *et al.* 1979). A distribuição desse conglomerado diamantífero é muito ampla, ocorrendo sempre na periferia da estrutura conhecida como "Antéclise do Alto Paranaíba" (Grossi-Sad *et al.* 1971), ou "Soerguimento do Alto Paranaíba" (Hasui et *al.* 1975). Essa estrutura, implantada durante o Mesozóico Superior, foi a responsável pela formação dos sistemas de leques aluviais, nas porções proximais, e fluviais entrelaçados, nas suas partes distais (Barcelos 1979), aos quais se associam os diamantes. Sedimentos tufáceos e lavas intercalam-se em direção ao topo da seqüência, conferindo à matriz dos arenitos e conglomerados, em numerosos locais, uma coloração verde característica.

Tabela 21: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Rio Jequitinhonha, Diamantina (Lagoa Seca, PA-01). Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PA-01A	PA-01D	PA-01E	PA-01F	PA-01G	PA-01H	PA-01I	PA-01J	PA-01L	PA-01M
SiO_2	38,23	38,18	38,08	38,19	38,12	38,31	37,91	38,22	38,09	38,52
TiO_2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Al_2O_3	21,68	21,71	21,65	22,03	22,03	21,53	21,77	22,11	21,43	21,62
Cr_2O_3	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00
Fe_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,03	0,00
MgO	4,74	5,86	4,79	5,18	4,52	5,09	4,50	5,17	4,63	4,70
CaO	1,64	0,84	1,27	0,70	1,27	1,46	1,12	0,82	1,38	1,36
MnO	1,76	1,66	2,31	1,71	1,96	0,43	1,71	3,26	2,06	1,72
FeO	33,01	32,27	32,99	33,74	33,21	34,31	34,08	31,43	33,12	33,32
Na_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	101,07	100,54	101,10	101,57	101,13	101,29	101,09	101,01	100,77	101,24
	Número de cátions (x 1000) com base em 24 átomos de oxigênio									
Si	6007	5997	5980	5998	5989	6005	5979	5988	6014	6040
Ti	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Al	4014	4018	4040	4007	4079	3978	4046	4083	3988	3995
Cr	0	1	0	1	3	7	1	0	5	0
Fe^{3+}	0	0	0	0	0	13	0	0	4	0
Mg	1111	1373	1123	1214	1059	1190	1059	1208	1090	1099
Ca	276	142	215	119	215	246	189	138	235	230
Mn	235	222	307	228	261	57	229	433	277	229
Fe^{2+}	4338	4238	4333	4431	4363	4497	4494	4119	4374	4370
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	15982	15992	15998	15998	15969	15994	15997	15969	15987	15963

Tabela 22: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Rio Jequitinhonha, Diamantina (Lavra do Mato, PA-07). Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PA-07A	PA-07D	PA-07H	PA-07J	PA-07L	PA-07M	PA-07N	PA-07O	PA-07Q
SiO_2	38,92	38,61	39,04	38,80	38,86	38,67	38,94	38,92	38,70
TiO_2	0,00	0,09	0,03	0,05	0,04	0,13	0,06	0,08	0,04
Al_2O_3	21,90	21,73	22,32	22,27	22,30	22,11	22,16	22,00	22,36
Cr_2O_3	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe_2O_3	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
MgO	5,78	5,39	7,36	6,96	6,59	7,32	6,98	7,19	6,87
CaO	2,47	4,04	1,75	1,83	1,84	1,56	1,61	1,73	1,03
MnO	1,27	1,55	0,76	0,85	0,64	0,94	0,93	1,41	0,90
FeO	31,58	30,25	29,99	30,73	31,53	29,98	30,88	30,45	31,09
Na_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	101,99	101,67	101,25	101,53	100,80	100,71	101,56	101,80	100,99
	Número de cátions (x1000) com base em 24 átomos de oxigênio								
Si	6010	5976	5999	5975	5981	5985	5993	5979	5988
Ti	0	11	4	7	5	16	7	9	5
Al	3985	3964	4043	4043	4045	4032	4023	3983	4077
Cr	7	0	1	3	0	0	0	1	0
Fe^{3+}	6	28	0	0	0	0	0	8	0
Mg	1331	1245	1687	1598	1513	1689	1603	1647	1586
Ca	409	670	290	303	304	259	266	285	171
Mn	167	203	99	111	85	124	122	184	119
Fe^{2+}	4077	3915	3854	3957	4059	3880	3974	3912	4022
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	15992	16012	15977	15997	15992	15985	15988	16008	15968

Tabela 23: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas aluvionares do Córrego Capão (PA-04) e do Ribeirão do Inferno (PA-06), Diamantina, e do Rio Itacambiruçú (PA-11), Grão Mogol. Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PA-04A	PA-04B	PA-04C	PA-06A	PA-11D	PA-11E	PA-11F	PA-11G	PA-11H
SiO_2	39,11	39,03	39,01	39,10	37,38	37,92	37,49	37,63	37,21
TiO_2	0,05	0,00	0,02	0,04	0,10	0,07	0,02	0,15	0,03
Al_2O_3	22,30	22,43	22,40	22,37	21,16	21,13	21,23	20,94	21,00
Cr_2O_3	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe_2O_3	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	8,67	7,21	7,98	7,96	1,16	1,14	1,28	1,18	1,31
CaO	0,77	1,41	1,30	1,11	6,10	6,58	5,54	5,78	6,29
MnO	0,86	0,88	0,78	0,73	11,30	6,99	4,61	6,20	3,55
FeO	29,09	30,98	29,95	30,08	21,95	26,33	29,44	27,59	29,97
Na_2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,89	101,96	101,44	101,39	99,15	100,16	99,61	99,47	99,36
	Número de cátions (x1000) com base em 24 átomos de oxigênio								
Si	6010	5980	5990	5990	6040	6067	6042	6067	6020
Ti	0	0	1	5	12	9	3	18	4
Al	3985	4049	4045	4039	4030	3985	4032	3979	4004
Cr	7	2	0	1	1	1	0	7	0
Fe^{3+}	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	1331	1648	1819	1818	279	272	309	285	316
Ca	409	233	214	183	1057	1128	957	999	1090
Mn	167	115	96	95	1547	947	629	847	486
Fe^{2+}	4077	3969	3848	3853	2966	3523	3968	3720	4056
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	15992	15996	16013	15984	15932	15932	15940	15922	15976

Esses conglomerados têm sido garimpados em vários locais nos arredores de Coromandel, mas a sua localização nas partes mais altas do relevo prejudica explorações metódicas. Nos três pontos onde foram efetuadas as amostragens para minerais pesados (Figura 38), eles são muito semelhantes e possuem espessuras variáveis entre 3 e 6 m, sendo recobertos por um nível laterítico com cerca de 2-3 m de espessura. Apresentam matriz pelítica que predomina em relação aos clastos (65/35 %, em média). Os clastos são principalmente de quartzo (85 %), quartzito (12 %) e rochas básicas/ultrabásicas alteradas (3 %), variando entre subangulosos a subarredondados com baixo grau de esfericidade. O *bed-rock* é constituído por rochas xistosas pré-cambrianas atribuídas aos grupos Canastra, Ibiá e Bambuí (Figura 38).

A análise química por fluorescência de raios X da matriz dos conglomerados, em duas localidades ("Área de Lazer" da Estrada Coromandel-Patrocínio, MG-188, e na estrada que liga a MG-188 à Fazenda Vargem), demonstrou fortes evidências de uma derivação a partir de rochas ultramáficas e/ou alcalinas (Tabela 8). Entre os elementos maiores, a principal característica destas rochas é o alto conteúdo em Fe_2O_3 (≅15 %), contrastando com os valores apresentados pelas rochas conglomeráticas da região de Diamantina. Os dados revelam ainda altos teores (em ppm) de cromo, cobalto e níquel (elementos derivados de rochas ultramáficas), e de estrôncio, vanádio, ítrio, zinco e zircônio (derivados de rochas alcalinas).

A amostragem dos minerais pesados foi em canal, semelhante às efetuadas na região do Espinhaço, e teve como principal objetivo a comparação da mineralogia e a detecção de possíveis fases relacionadas a *pipes* ultrabásicos, em rochas semelhantes. Após os procedimentos específicos (Figura 6), foram separados minerais pesados de origens diversas, tais como magnetita, hematita, ilmenita, rutilo, cianita, estaurolita, turmalina, zircão, sillimanita, perovskita e granadas. As granadas foram a princípio identificadas por métodos ópticos e, posteriormente, grãos selecionados foram analisados com a microssonda eletrônica.

Todas as granadas recuperadas dos conglomerados de Coromandel representam apenas um grupo característico, constituído por cristais desde idiomórficos até xenomórficos de faces e arestas abauladas, aspectos que lembram muito o do próprio diamante. Apresentam cor vermelha escura, podendo adquirir tonalidades vinho e violeta. O hábito cúbico em geral observado, com faces arredondadas e aspecto corroído, indica que estes cristais sofreram forte dissolução e pouco transporte desde a sua rocha fonte. Esses dados concordam com os obtidos por Svisero (1979) para o piropo da Mina de Romaria. Neste último local, porém, foi ainda caracterizada uma população de granadas de origem

metamórfica, constituída essencialmente pelos termos almandina e grossulária, proveniente de rochas do embasamento.

As Tabelas 24, 25 e 26 apresentam o resultado das análises químicas dessas granadas, na microssonda eletrônica. Elas são constituídas essencialmente dos elementos maiores silício, alumínio e magnésio, ocorrendo de modo subordinado ferro bivelente e trivalente, cálcio, cromo, manganês e titânio. Cálculos estequiométricos mostram que essas granadas são constituídas principalmente pela molécula piropo, com proporções menores das moléculas almandina e grossulária. De maneira geral, as amostras analisadas exibem uniformidade de composição. Excetuando-se o cromo, todos os demais elementos mostram valores uniformes e constantes. Titânio, sódio e manganês apresentam teores menores que 0,5 %. Observa-se ainda que os piropos se caracterizam por conterem altas proporções de magnésio, valores baixos de ferro bivalente, e variações significativas nas razões Mg/Mg + Ca e Al/Al + Cr. Contudo, o aspecto mais notável dessas granadas é a presença de cromo, cujos teores oscilam entre 0,5 e 4 % em peso.

A variação dos elementos químicos principais (Ca, Mg e Fe^{2+}), ilustrando a natureza kimberlítica dessas granadas (comparar com os dados de Mitchell 1986), são mostrados nos diagramas ternários da Figura 37. Os pontos plotados na Figura 37-A, destacam a diferença composicional entre os piropos amostrados nos conglomerados da região de Coromandel, das almandinas da Serra do Espinhaço. Na Figura 37-B, os campos composicionais de ambas as localidades são ainda comparados com os campos definidos pelos piropos da Mina de Romaria e do Kimberlito Vargem 1 (segundo dados de Svisero 1989 e Esperança *et al.* 1995, respectivamente). Esses dados demonstram claramente a origem dos piropos das diversas localidades citadas a partir de rochas fontes comuns.

Piropos cromíferos são raros na crosta terrestre, sendo encontrados sob a forma de inclusões no diamante, ou então na matriz principalmente de kimberlitos e de xenólitos ultramáficos presentes nestas rochas. Em virtude dessas características, os Cr-piropos constituem um excelente guia de prospecção de rochas primárias do diamante e a sua presença em determinado depósito pode ser tomado como uma indicação segura da existência dessas rochas nas imediações. Os piropos estudados constituem cristais bem formados e pouco quebrados, evidenciando pouco transporte antes de serem incorporados pelo conglomerado. Tendo em vista essas evidências, considera-se provável a existência de kimberlitos mineralizados na região de Coromandel.

Tabela 24: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (PC-14, Área de Lazer, MG-188). Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PC-14A	PC-14C	PC_14D	PC-14E	PC-14H	PC-14J	PC-14L	PC-14M	PC-14N	PC-14P
SiO_2	42,13	41,94	42,15	42,24	41,65	41,98	42,07	41,79	42,36	42,28
TiO_2	0,37	0,38	0,32	0,32	0,06	0,18	0,28	0,32	0,21	0,37
Al_2O_3	22,16	21,72	22,11	22,11	23,25	22,07	22,44	21,89	23,45	22,76
Cr_2O_3	1,81	1,90	1,73	1,64	0,53	2,03	1,65	1,75	0,59	1,49
Fe_2O_3	0,54	0,74	0,45	0,17	0,00	0,25	0,64	0,60	0,47	0,21
MgO	20,09	19,70	20,07	20,31	18,46	19,99	20,00	19,89	20,60	20,03
CaO	4,30	4,22	4,50	4,17	4,16	4,54	4,41	4,29	4,19	4,31
MnO	0,42	0,41	0,35	0,42	0,38	0,34	0,27	0,39	0,25	0,40
FeO	9,08	9,15	8,08	8,96	11,24	8,21	9,19	8,64	8,49	9,45
Na_2O	0,05	0,02	0,03	0,03	0,00	0,03	0,05	0,02	0,00	0,01
Total	100,95	100,18	99,79	100,37	99,73	99,62	101,00	99,58	100,61	101,31
	Número de cátions (x 1000) com base em 24 átomos de oxigênio									
Si	5970	5996	6012	5974	5992	6005	6010	5994	6040	5985
Ti	40	41	34	34	7	19	30	34	22	39
Al	3701	3660	3717	3766	3943	3721	3713	3701	3851	3771
Cr	203	216	195	183	61	230	183	199	65	166
Fe^{3+}	58	80	49	19	0	27	68	64	49	22
Mg	4243	4198	4268	4281	3958	4261	4186	4252	4278	4197
Ca	653	648	697	633	641	696	664	660	626	649
Mn	51	50	43	50	46	41	33	47	30	47
Fe^{2+}	1076	1094	964	1060	1352	982	1079	1036	989	1111
Na	14	6	9	9	0	8	15	6	0	5
Total	16009	15989	15988	16009	16000	15990	15981	15993	15950	15992

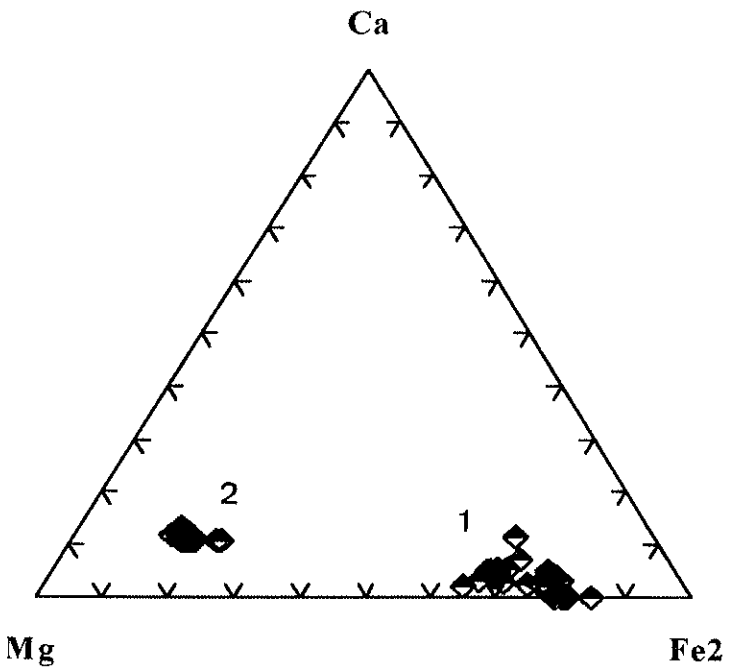
Tabela 25: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (PC-15, Estrada de acesso a Fazenda Vargem). Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PC-15A	PC-15C	PC-15D	PC-15E	PC-15H	PC-15J	PC-15L	PC-15M	PC-15N	PC-15O
SiO_2	42,29	42,39	42,31	42,68	42,33	42,29	42,32	42,55	42,30	42,16
TiO_2	0,24	0,22	0,23	0,29	0,31	0,31	0,29	0,11	0,29	0,44
Al_2O_3	22,04	20,60	22,17	22,72	22,49	22,24	22,11	21,61	21,08	22,19
Cr_2O_3	2,13	4,06	1,68	1,92	1,83	2,20	1,60	2,71	3,59	1,70
Fe_2O_3	0,57	0,80	0,63	0,00	0,31	0,14	0,93	0,76	0,49	0,50
MgO	20,30	20,11	20,24	20,48	20,15	20,09	19,92	20,04	20,09	20,28
CaO	4,43	5,19	4,18	4,31	4,23	4,27	4,33	4,69	4,87	4,41
MnO	0,43	0,30	0,38	0,35	0,39	0,41	0,36	0,41	0,33	0,31
FeO	8,53	7,89	8,80	8,52	9,54	9,09	9,08	8,34	8,41	8,54
Na_2O	0,02	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	0,05
Total	100,98	101,56	100,63	101,29	101,62	101,06	100,98	101,24	101,48	100,58
	Número de cátions (x 1000) com base em 24 átomos de oxigênio									
Si	5984	5996	5994	5994	5962	5989	6003	6014	5983	5978
Ti	26	24	25	31	33	34	32	12	31	48
Al	3675	3435	3718	3762	3734	3704	3687	3600	3515	3708
Cr	238	455	189	214	204	246	179	303	401	190
Fe^{3+}	61	85	68	0	33	16	100	82	53	54
Mg	4279	4240	4275	4289	4230	4232	4201	4222	4237	4287
Ca	672	788	635	649	638	647	657	711	738	670
Mn	51	36	47	43	47	49	44	50	40	38
Fe^{2+}	1009	934	1043	1002	1124	1074	1075	986	995	1013
Na	5	0	3	7	13	7	12	7	8	14
Total	16000	15993	15997	15991	16018	15998	15990	15987	16001	16000

Tabela 26: Análises representativas, por microssonda eletrônica, de granadas dos conglomerados cretácicos da região de Coromandel (PC-16, Fazenda Chácara, Rio Santo Antônio). Os dados apresentados são as médias de três análises por amostra.

%	PC-16A	PC-16B	PC-16D	PC-16E	PC-16H	PC-16J	PC-16L	PC-16M	PC-16N	PC-16O
SiO_2	41,82	42,21	42,05	42,07	42,30	42,08	42,21	42,08	42,26	42,04
TiO_2	0,24	0,35	0,27	0,23	0,11	0,01	0,17	0,30	0,16	0,34
Al_2O_3	22,04	21,97	22,33	22,28	23,21	23,20	21,96	22,05	22,26	21,95
Cr_2O_3	1,73	1,88	1,78	1,71	1,03	0,50	2,05	1,79	1,66	1,74
Fe_2O_3	0,65	0,71	0,14	0,43	0,08	0,19	0,52	0,35	0,69	0,69
MgO	19,91	19,96	20,05	20,32	20,91	18,56	20,11	19,49	20,00	19,85
CaO	4,25	4,31	4,37	4,19	4,61	4,07	4,36	4,26	4,21	4,28
MnO	0,39	0,38	0,30	0,32	0,29	0,37	0,34	0,34	0,38	0,31
FeO	9,13	8,98	8,58	8,62	7,47	11,05	8,25	9,14	9,07	8,97
Na_2O	0,02	0,07	0,05	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,05	0,03
Total	100,18	100,82	99,92	100,19	100,01	100,03	99,99	99,83	100,74	100,20
	Número de cátions (x 1000) com base em 24 átomos de oxigênio									
Si	5974	5989	5996	5984	5983	6027	6017	6023	5994	6000
Ti	26	37	29	25	11	1	18	33	18	37
Al	3710	3674	3754	3736	3868	3916	3689	3719	3722	3689
Cr	196	211	201	193	115	57	232	202	186	196
Fe^{3+}	70	76	16	46	8	21	56	38	74	75
Mg	4239	4221	4262	4308	4408	3961	4272	4158	4229	4219
Ca	650	656	668	639	698	625	666	653	640	655
Mn	47	46	36	39	34	45	40	42	46	38
Fe^{2+}	1090	1066	1023	1026	883	1323	984	1094	1076	1070
Na	7	20	13	6	0	0	6	8	16	9
Total	16009	15996	15998	16002	16008	15976	15980	15970	16001	15988

(A)



(B)

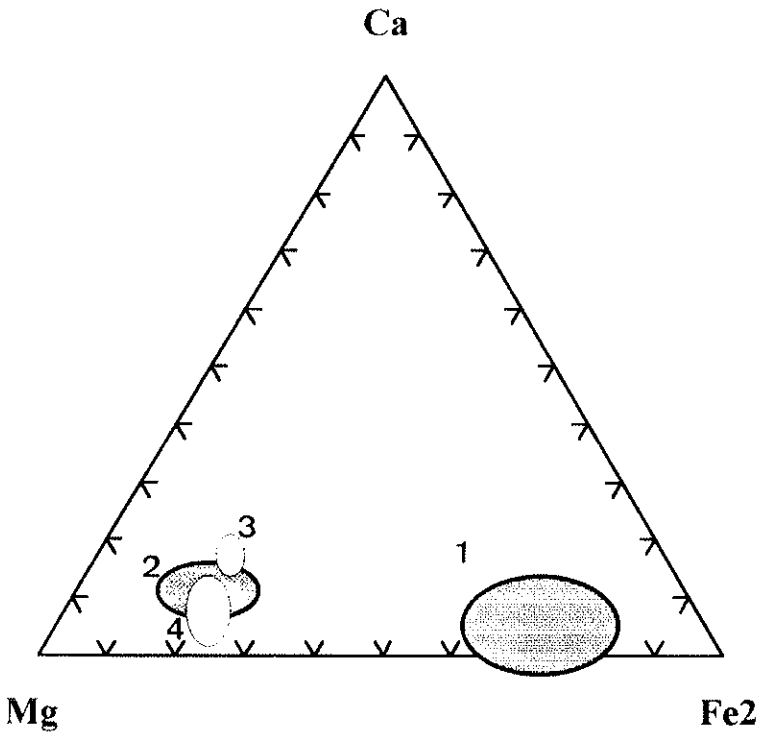


Figura 37: Diagramas ternários mostrando: (A) composição química de granadas da Serra do Espinhaço (1) e da região de Coromandel (2) em termos dos elementos maiores Ca-Mg-Fe^{2+}, e (B) comparações entre os campos das mesmas granadas (1-2), com granadas da Mina de Romaria (3) (Svisero 1979) e do Kimberlito Vargem 1 (4) (Esperança *et al.* 1995).

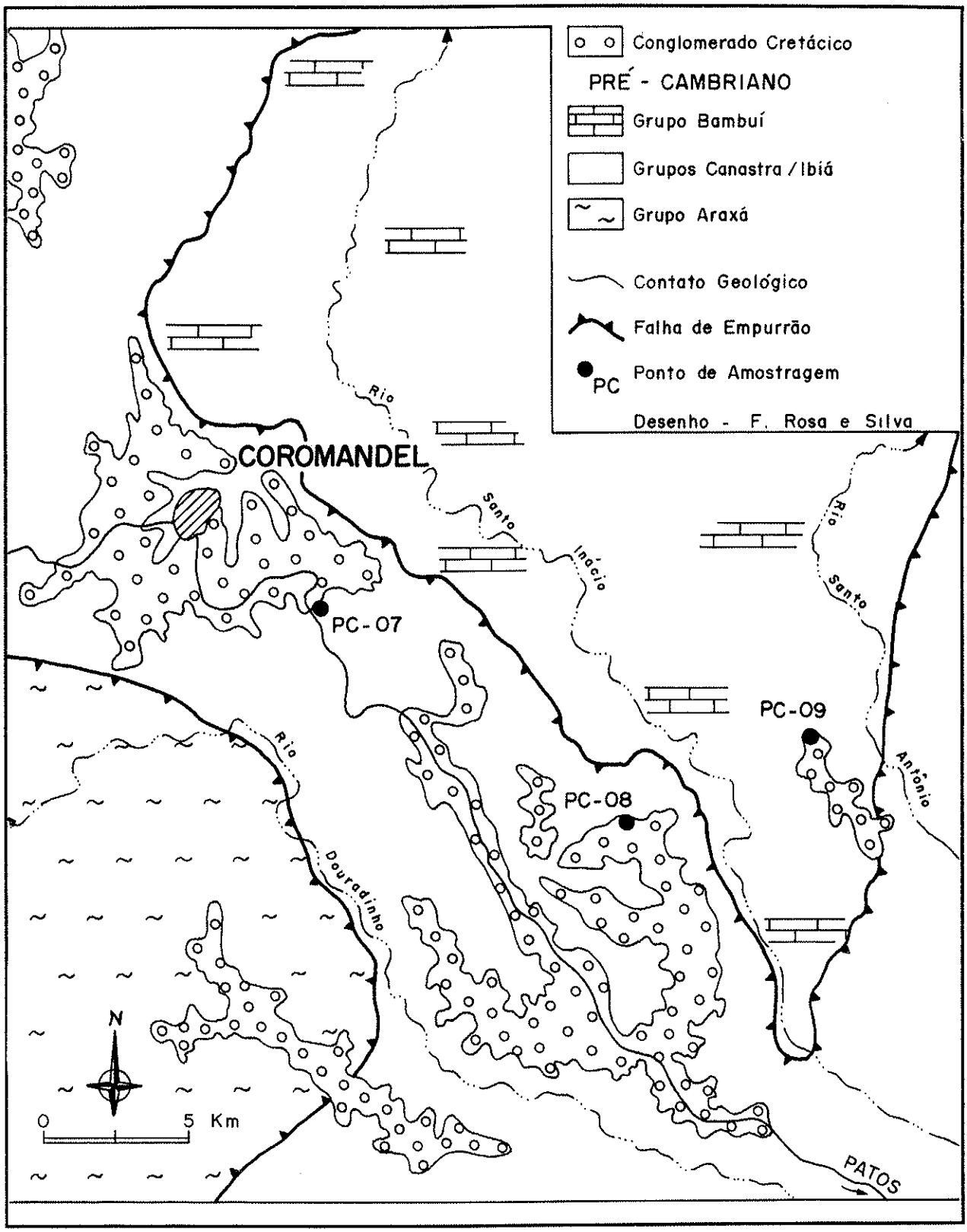


Figura 38: Mapa geológico da região de Coromandel (simplificado de Barbosa *et al.* 1970) e pontos de amostragem para minerais pesados nos conglomerados cretácicos.

7.5. ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS NAS REGIÕES ESTUDADAS

Na região da Serra do Espinhaço, a assembléia de minerais encontrados indica origens diversas, tanto nas rochas conglomeráticas proterozóicas como nos depósitos aluvionares recentes (Tabelas 19 e 20). Minerais indicadores típicos da presença de fontes primárias não foram encontrados, devendo-se ressaltar porém que a abordagem acadêmica do estudo limitou os pontos de amostragem em relação à grande extensão da região enfocada.

O principal grupo é representado por minerais de origem metamórfica e dos veios de quartzo associados. Incluem-se neste caso hematita, magnetita, ilmenita, cianita, turmalina preta, andalusita, estaurolita, sillimanita, lazulita, florencita, gorceixita, goyazita, rutilo, anatásio, paramorfose de rutilo para anatásio, senaíta, crichtonita e ouro.

Outros minerais têm sua origem relacionada a rochas ácidas do embasamento e a veios pegmatóides nele inseridos, a exemplo de zircão, monazita, xenotímio, crisoberilo, diásporo, andalusita, espessartita e turmalina colorida. Um terceiro grupo de minerais possui origem secundária, como limonita, goethita e paramorfose de pirita para limonita.

Em relação aos minerais pesados das rochas conglomeráticas proterozóicas, deve ser ressaltada sua pouca abundância e que, dos poucos presentes, a maioria possui origem metamórfica, não refletindo assim a sedimentação original da bacia. Além do diamante, os únicos minerais pesados "autênticos" são a monazita e o zircão. Nos intraclastos de conglomerado dentro do Conglomerado Sopa, o zircão foi o único mineral pesado observado. Como monazita e zircão são minerais relativamente mais estáveis às condições de intemperismo e transporte, sendo ambos típicos de rochas ácidas as quais não são observadas entre os clastos dos conglomerados, evidencia-se o elevado grau de retrabalhamento dessas últimas rochas. Desta maneira, os dois citados minerais provavelmente foram os únicos que chegaram junto com o diamante a partir de uma origem distante, todos eles submetidos a vários ciclos de sedimentação desde a sua área fonte até serem incorporados nos conglomerados das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol.

Na região de Coromandel, o estudo comparativo logrou êxito na medida em que foram encontrados cromo-piropos associados aos conglomerados, além dos muitos outros minerais de origem ácida e/ou metamórfica. As características de vários cristais de piropo, os quais apresentam hábito cúbico com faces arredondadas corroídas, mostram que eles sofreram forte dissolução (como o diamante) e pouco transporte desde a sua área-fonte. Estes fatores constituem assim evidências da presença de corpos mineralizados na região, ao contrário do que foi demonstrado para a Província do Espinhaço.

8. MINERALOGIA DO DIAMANTE DO ESPINHAÇO

Apesar de sua histórica importância comercial, ainda são raros os trabalhos tratando dos diamantes da Serra do Espinhaço em seus aspectos puramente mineralógicos. O Barão von Eschwege, na obra clássica *Pluto Brasiliensis*, decreveu pela primeira vez os hábitos cristalográficos e outras feições de cerca de 100 cristais, a maioria provavelmente procedente do Distrito de Diamantina (Eschwege 1833). Fersman & Goldschmidt (1911) detalharam as formas de dezenas de diamantes brasileiros, diversos deles pertencentes à região abrangida pelo presente trabalho. Estudos sistemáticos sobre esses hábitos, assim como de outras propriedades físicas do diamante do Espinhaço porém, nunca haviam sido realizados.

Os trabalhos de Svisero (1972,1978) e Svisero *et al.* (1987), caracterizaram algumas inclusões minerais em diamantes das proximidades de Diamantina, sendo enfatizada a carência de pesquisas nesta linha para a região. De outra forma, na Província do Alto Paranaíba vários estudos específicos têm abrangido o conhecimento da cristalografia, mineralogia e inclusões de seus diamantes (Leite 1969, Svisero 1978, Svisero & Haralyi 1985). Considera-se assim que grande parte da controvérsia envolvendo a origem e a distribuição no tempo dos diamantes do Espinhaço está diretamente relacionada ao pouco conhecimento a respeito de seus aspectos mineralógicos. Um dos dados que apoiou a hipótese de origem "ácida" para o diamante na região, defendida por Guimarães (1927,1934, entre outros), seria a possível existência de "inclusões" de quartzo (Colony 1923). Comprovou-se posteriormente, porém, que o quartzo não é uma inclusão singenética, mas ocorre em microfraturas do cristal de diamante hospedeiro (Correns 1932, Svisero 1978).

A identificação de inclusões minerais realmente singenéticas e típicas de uma paragênese ultrabásica, tais como forsterita (Mg-olivina), cromo-diopsídio, ilmenita magnesiana, cromo-espinélio e granadas (piropo cromífero e piropo-almandina), descritas por Svisero (1978), foi mais um fator determinante para o abandono da citada hipótese "ácida". No entanto, o estado atual do conhecimento das inclusões minerais no diamante do Espinhaço é ainda deficiente, constituindo também um dos objetivos do presente estudo.

Uma outra linha de pesquisa que tem permanecido pouco explorada refere-se à composição química dos diamantes da região. Não existem dados a respeito da absorção no infravermelho, visando caracterizar a presença de nitrogênio e subdividir o diamante em seus tipos "I" e "II", conforme estabelecido por Robertson *et al.* (1934) para diamantes de outros locais. Da mesma forma, dados referentes a figuras de superfície, cores

e luminescência eram também pouco conhecidos, assim como a caracterização dos aspectos gemológicos desses diamantes eram restritos ao âmbito comercial.

A determinação de todos esses parâmetros mineralógicos, apesar de por si só não serem conclusivos em termos genéticos, são de grande importância quando comparados entre as diversas áreas abrangidas no estudo, bem como com outras localidades diamantíferas. Os resultados do tratamento estatístico, obtidos através dos dados coletados nas fichas de descrições de diamantes (Figura 3), e a posterior confecção de tabelas e gráficos comparativos cruzando os diferentes parâmetros mineralógicos, permitiram a caracterização física e cristalográfica dos diamantes. Esses dados, tratados em detalhe neste capítulo, vão se mostrar úteis para o entendimento da origem do diamante do Espinhaço.

8.1. ASPECTOS GERAIS SOBRE A MINERALOGIA DO DIAMANTE

O diamante se cristaliza no sistema cúbico, na classe holoédrica ou hexaoctaédrica, cujo grau de simetria é m3m. Tendo em vista esta, as formas simples encontradas na classe são: hexaoctaedro (hkl), trioctaedro (hhl), icositetraedro (hll), octaedro (111), tetrahexaedro ou cubo piramidado (hk0), rombododecaedro (110) e hexaedro ou cubo (100). Em termos gerais, na maioria das vezes o aspecto dos cristais é octaédrico ou dodecaédico, algumas vezes cúbico e, em raríssimas situações lembrando a forma tetraédrica. São comuns os cristais de faces encurvadas, denominados por Orlov (1973) de "dodecaedróides", "octaedróides" e "cubóides", conforme a semelhança com o hábito original. Geminações são observadas principalmente segundo o plano (111), originando o diamante conhecido no Brasil como "chapéu-de-frade" e, mais raramente, segundo (110).

Fersman & Goldschmidt (1911) foram provavelmente os primeiros a observar que certos hábitos cristalinos do diamante, em particular o rombododecaedro, não representam formas primárias de crescimento, sendo produzidos por processos naturais de dissolução a partir de outras formas. Atualmente está bem caracterizado que o octaedro é a principal forma de crescimento do diamante (Orlov 1973, Yacoot & Moore 1993) e a partir da dissolução desta forma podem resultar diversas outras cujas principais características são os graus variáveis de curvatura das faces e das arestas (Moore & Lang 1974). Existe uma progressão contínua do octaedro de faces planas e arestas retilíneas até o rombododecaedro de faces abauladas e arestas curvas. Assim sendo, o rombododecaedro é em geral a forma mais abundante presente nos diamantes naturais justamente pelo fato dela ser remanescente das faces de dissolução que modificaram as formas octaédricas primárias.

Verificou-se nas últimas décadas que as populações de diamantes de determinadas áreas possuem uma série de características físicas particulares que, analisadas em conjunto, podem favorecer no entendimento da jazida primária. Quando essas populações estão associadas a depósitos aluvionares, as mesmas características poderão servir para comparações com os depósitos primários conhecidos. Entre as principais propriedades físicas que permitem contribuir para o conhecimento do diamante de certo depósito, destacam-se granulometria, hábito cristalino, figuras de superfície, cor, comportamento luminescente e inclusões minerais. Desta maneira, para determinar as principais características do diamante de qualquer localidade, seja em depósito primário, seja em secundário, necessita-se estabelecer critérios qualitativos que possam ser reproduzidos em outras áreas diamantíferas.

Várias ordens de classificação têm sido propostas na tentativa de abranger o complexo universo de formas e hábitos cristalinos em que o diamante se apresenta na natureza, não havendo consenso entre as principais delas. Orlov (1973) sintetizou a maioria das propostas anteriores e reuniu os diamantes em dez variedades ("I" a "X", em algarismos romanos). Esta classificação porém mostrou-se pouco prática para descrições mineralógicas de campo, como as utilizadas no presente estudo, pois em grande parte ela se apoiou em dados detalhados de absorção no infravermelho.

Harris *et al.* (1975,1979) desenvolveram uma metodologia simplificada, baseada na morfologia cristalina, visando caracterizar os diamantes produzidos nas diversas minas sul-africanas, incluindo as formas simples, combinadas, geminadas e agregadas. Na classificação estatística de grandes populações de cristais, essa sistematização mostrou-se muito prática, sendo também utilizada por Svisero & Haralyi (1985) no estudo do diamante da Mina de Romaria, região do Alto Paranaíba. No âmbito desta Tese, os diamantes foram inicialmente classificados em monocristalinos, com seus diversos hábitos, e policristalinos, incluindo suas variedades *bort*, *ballas* e carbonado.

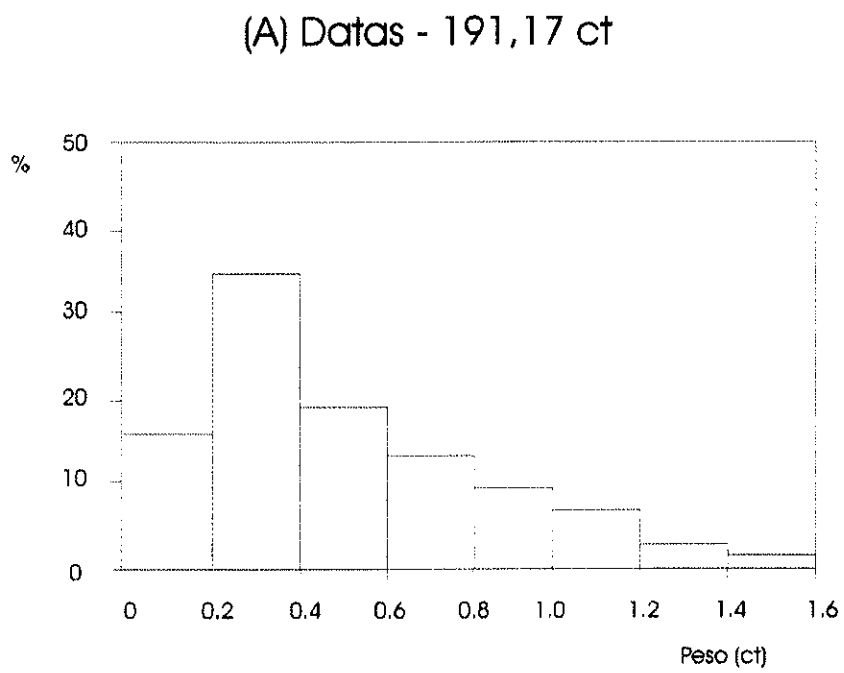
8.2. DISTRIBUIÇÃO DE PESO E GRANULOMETRIA

Em relação ao peso do diamante, seja em seu estado bruto, seja tratando-se de cristais lapidados, existe atualmente um consenso no sentido da utilização do quilate métrico (ct), dividido em 100 unidades menores, os pontos (0,2 g = 1 ct = 100 pontos). Para os diamantes brutos do Espinhaço, ainda existe na linguagem de comerciantes de pedras e garimpeiros termos mais antigos, como o "grão" (1 grão = 0,25 ct), que progressivamente têm sido substituídos pelas denominações internacionais.

Para a determinação da distribuição de peso e granulometria do diamante nas diversas áreas pesquisadas, considerou-se não só os lotes estudados em detalhe, como também outros lotes observados só para este fim, de posse com comerciantes de diamantes das localidades envolvidas. As Figuras 39 (A-B) e 40 (C-D) mostram os histogramas da distribuição das percentagens por peso, até 1,60 ct. Acima deste peso, as percentagens foram sempre muito baixas (inferiores a 0,5 %) para serem representadas. As várias áreas estudadas apresentam certas características particulares quanto à distribuição granulométrica de seus diamantes. Outras características porém, são comuns a todas elas. Por exemplo, são raríssimos em toda a região cristais pesando mais que 10 ct, provavelmente ocorrendo na proporção de 1 para cada 100.000 recuperados, significando algo como 0,1 % em peso.

O peso médio do diamante nas áreas pesquisadas variou em sua maior parte na faixa de até 0,5 ct: Datas - 0,35 ct; Grão Mogol - 0,11 ct; Jequitaí - 0,42 ct. Esses valores são o resultado da média de vários lotes, observados em diversas áreas de garimpagem de cada um dos locais, em visitas de campo durante os anos de 1993-94-95. No Rio Jequitinhonha obteve-se uma média de peso através do estudo de dois lotes "completos" de determinadas áreas de dragagem da Mineração Rio Novo, não fugindo deste padrão geral: 0,20 ct em cerca de 20.000 cristais envolvidos. Esses dados estão também de acordo com Haralyi & Svisero (1986), que verificaram uma mediana (% acumulada = 50 %) da ordem de 0,26 ct na Lavra Boa Vista, Campo de Extração. A comparação da distribuição do peso dos diamantes nas diversas áreas pesquisadas na Serra do Espinhaço é mostrada na Figura 41, onde aparecem realçadas as características anteriormente descritas.

O Distrito de Grão Mogol caracteriza-se por possuir o maior percentual de cristais com peso inferior a 0,2 ct (49 %) e também por apresentar uma proporção pouco significante (<0,5 %) de pedras com mais que 1,2 ct (Figura 40-C), dados estes assinalados desde longa data (Helmreichen 1846). As demais áreas (Datas, Rio Jequitinhonha e Jequitaí) apresentaram valores semehantes de pedras maiores que 1,0 ct (entre 7-10 % de peso), assim como nas proporções relativas de cristais pesando entre 0,2 e 1,0 ct (Figura 39A-B; Figura 40-D). A aparente "anomalia" de cristais com peso inferior a 0,2 ct na área do Rio Jequitinhonha (42 % em peso) é perfeitamente explicável pelo fato que nesta localidade a lavra é feita através de processos altamente mecanizados (Mineração Rio Novo), obtendo-se assim uma recuperação máxima (≅95 %) dos diamantes do depósito aluvionar, ao contrário do que ocorre em Datas e Jequitaí, onde a extração é feita por garimpagem. Estudos a respeito (J. Cassedanne 1990, comunicação verbal) mostraram que por este método mais simples de lavra podem ocorrer perdas entre 30-40 % dos diamantes e que, deste percentual, a quase totalidade é de pedras com peso menor que 0,20 ct.



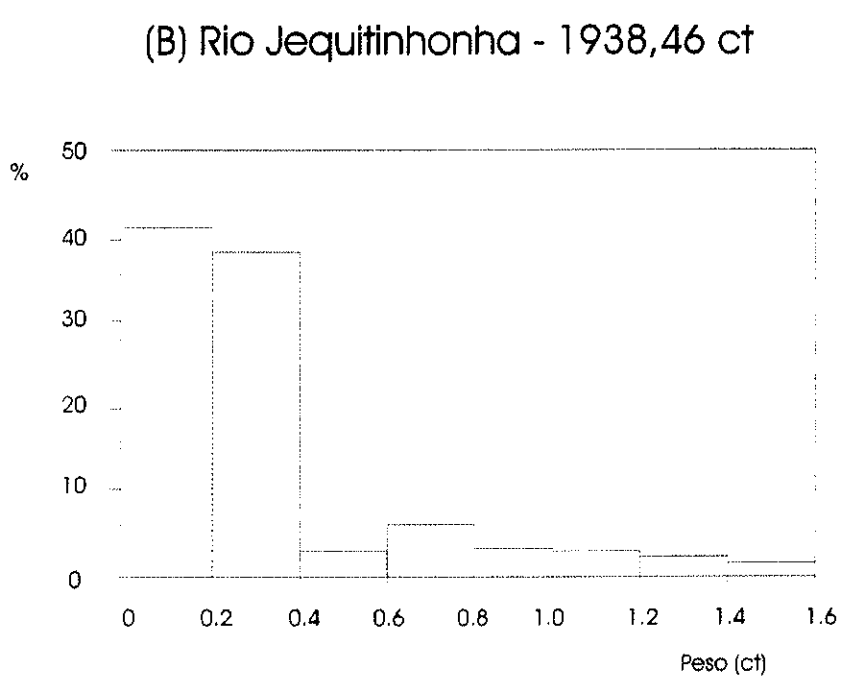
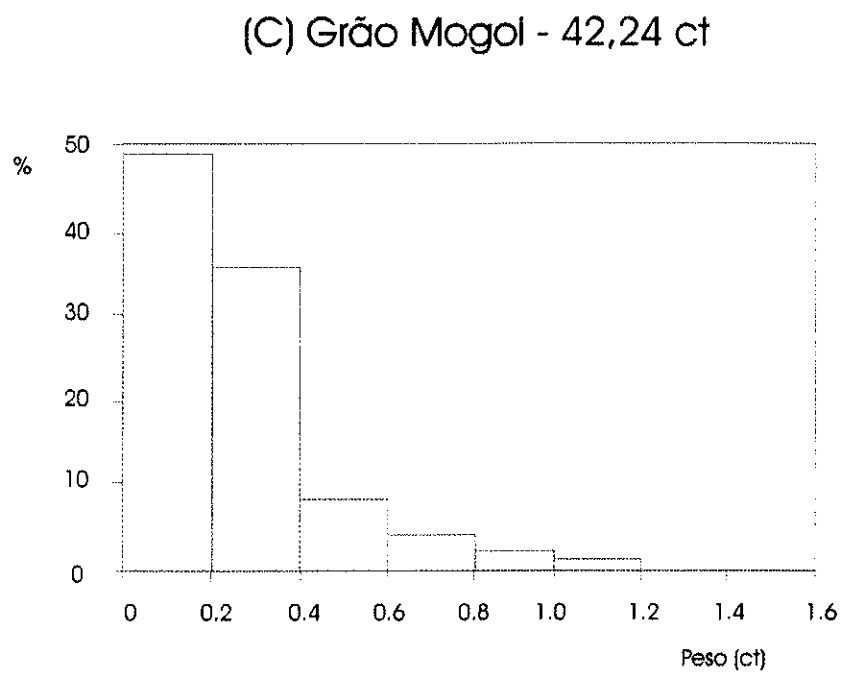


Figura 39: Histogramas da distribuição do peso dos diamantes nas áreas de Datas (A) e do Rio Jequitinhonha (B), Distrito de Diamantina.



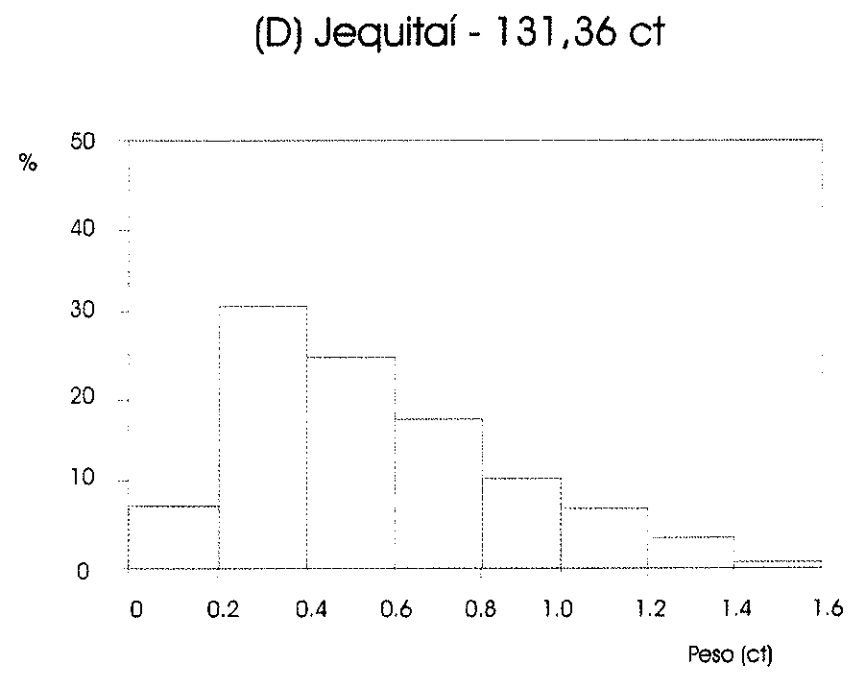


Figura 40: Histogramas da distribuição do peso dos diamantes nos distritos de Grão Mogol (C) e da Serra do Cabral (D).

Apesar de ser insignificante em termos percentuais de peso, deve ser realçada a existência na região de cristais muito pequenos. No Distrito de Diamantina, foram determinados na lupa binocular dois desses microcristais na fração de minerais pesados separada com bromofórmio (0,125 mm > ϕ < 0,250 mm). Eles foram reconhecidos em amostras das lavras Serrinha (0,003 ct) e Datas de Cima (0,004 ct), campos de Extração e Datas, respectivamente. Da mesma forma, no Distrito de Grão Mogol foi adquirido de um garimpeiro, na Serra da Pedra Rica, um microcristal pesando 0,006 ct, que foi posteriormente fotografado no *scanning eletronic microscope*.

Na Tabela 27, são mostrados os grandes diamantes reportados para a região do Espinhaço, em comparação com os maiores que se tem notícia em outras zonas diamantíferas de Minas Gerais. Sobre as demais regiões produtoras brasileiras, os dados são muito escassos. Observando-se a tabela, fica de imediato ressaltada a forte discrepância entre os grandes cristais do Espinhaço com os de outras áreas. Barbosa (1991) cita a existência de vários diamantes com peso superior a 70 ct no Distrito de Diamantina. Todos esses, porém, foram extraídos no período da "Real Extração" (1770-1842) quando a produção da região de Diamantina era misturada com a do Rio Abaeté, na Bacia do Rio São Francisco, onde a ocorrência de grandes diamantes é comum. Desta maneira, só os diamantes mais recentes foram considerados.

Com respeito à região de Coromandel, é sabido que essa área tem produzido regularmente pedras de grande quilatagem, sendo comuns as de peso superior a 100 ct. Isto significa que o percentual da faixa granulométrica de cristais com mais que 10 ct, deve provavelmente situar-se em cerca de 5 % do total extraído (em peso), muito diferente portanto do verificado na região do Espinhaço.

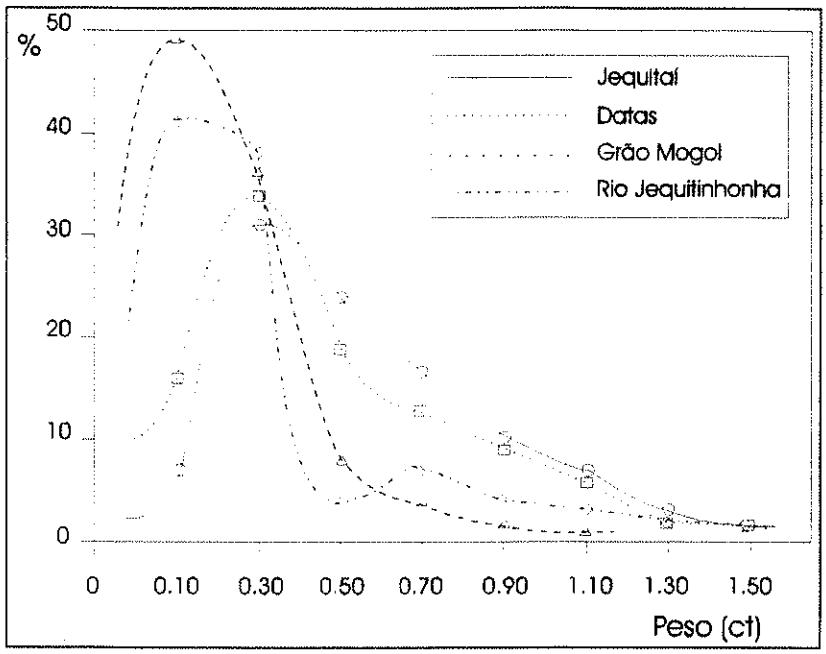


Figura 41: Comparação da distribuição do peso dos diamantes (em quilates) nas diversas áreas estudadas da Serra do Espinhaço.

8.3. MORFOLOGIA

8.3.1. Métodos classificatórios

Harris *et al.* (1975) efetuaram um dos primeiros estudos sistemáticos abrangendo os principais aspectos morfológicos do diamante, com base em populações representativas lavradas em alguns depósitos da África do Sul. Através de lotes constituídos por vários milhares de cristais, esses autores elaboraram uma metodologia particular que permitiu caracterizar inicialmente as populações das diatremas Premier, Finsch e Koffyfontein, além da jazida aluvionar de Dreyers Pan (Harris *et al.* 1975) e, em seqüência, os diamantes dos *pipes* Kimberley e Ebenhaezer, dos diques Zwartruggens, e do kimberlito Letseng-la-terae, este último no Lesotho (Harris *et al.* 1979). Nesses trabalhos demonstrou-se que alguns dos aspectos do diamante, destacando-se a forma e a cor dos cristais, são particulares e diagnósticos de cada um dos depósitos estudados.

Tabela 27: Os grandes diamantes reportados para a região da Serra do Espinhaço, em comparação com outros análogos extraídos em diversas zonas diamantíferas de Minas Gerais (fontes bibliográficas segundo as letras em sobrescrito).

REGIÃO/LOCAL		**MAIORES DIAMANTES / ANO DE DESCOBERTA → (Ordem decrescente de grandeza, em quilates) →**					
ESPINHAÇO	Diamantina	64,4 [a] (1954)	58,0 [b] (1974)	54,0 [b] (1963-4)	49,8 [b] (1935)	38,0 [b] (1935)	37,5 [b] (1974)
	Grão Mogol	30,5 [c] (1840)	16,0 [e] (1940)	13,0 [e] (1968)	6,0 [e] (1979)	5,5 [e] (1988)	4,5 [e] (1993)
	Jequitaí	22,5 [e] (1972)	16,5 [e] (1955)	9,5 [e] (1983)	9,2 [e] (1994)	9,0 [e] (1971)	6,7 [e] (1980)
ALTO PARANAÍBA	Coromandel	726,7 [d] (1938)	602,0 [e] (1994)	460,0 [d] (1939)	428,0 [d] (1940)	400,5 [d] (1940)	375,0 [d] (1941)
	Estrêla do Sul/Romaria	254,5 [d] (1853)	179,5 [d] (1909)	174,5 [d] (1954)	170,0 [d] (1994)	122,5 [d] (1857)	118,0 [d] (1929)
	Abadia dos Dourados	195,0 [d] (1925)	180,0 [d] (1934)	176,0 [d] (1947)	104,0 [d] (1938)	91,0 [d] (1940)	90,0 [d] (1940)
OESTE SÃO FRANCISCO	Rio Abaeté	354,0 [d] (1938)	198,0 [d] (1936)	182,0 [d] (1936-7)	173,0 [d] (1938)	165,5 [d] (1739)	144,0 [d] (1798)

Fontes:

(a) Chaves & Uhlein (1991);

(b) Haralyi *et al.* (1991);

(c) Helmreichen (1846);

(d) Barbosa (1991);

(e) Dados do Autor.

Antes de maiores considerações a respeito da morfologia do diamante monocristalino do Espinhaço, é necessário novamente ressaltar que a caracterização dos hábitos deste mineral está baseada na premissa de que ele possui uma simetria cúbica holoédrica. Nessa condição, as únicas formas simples possíveis de ocorrerem são cubo, rombododecaedro, octaedro, cubo piramidado, trioctaedro, icositetraedro e hexaoctaedro. Qualquer outro termo ou forma tomando como base a semelhança com os hábitos tetraédrico e/ou hexatetraédrico são incompatíveis com o sistema referido. Essas formas exóticas se originam dos complexos processos de dissolução e/ou geminação que agem sobre os diamantes durante a sua cristalização no manto, conforme já sugerido em Svisero & Haralyi (1985), e que foi recentemente comprovado pelo método de topografia de raios X por Yacoot & Moore (1993).

A respeito da transição entre os hábitos octaédricos de faces planas com arestas retilíneas, e o rombododecaedro de faces abauladas com arestas curvas, certas considerações devem ser levadas em conta. Como os cristais de faces curvas não podem ser estudados quanto as suas relações goniométricas, devido não apresentarem reflexões definidas, a caracterização da morfologia nesses casos é difícil e até certo ponto subjetiva. As formas transicionais, que aqui serão designadas de "octa-dodecaédricas", constituem o principal ponto de divergência entre os diversos sistemas classificatórios encontrados na literatura (por exemplo, Orlov 1973, Whitelock 1973, Harris *et al.* 1975,1979, Svisero & Haralyi 1985, Otter *et al.* 1994). De fato, considerando que o octaedro sofre dissolução ao longo de suas arestas e em conseqüência surjam superfícies que correspondam ao rombododecaedro, torna-se difícil classificar o cristal resultante desses processos. Os critérios utilizados pelos diferentes autores são os mais diversos e nenhum deles totalmente satisfatório para solucionar o problema.

Visando o conhecimento de suas características morfológicas, lotes de diamantes das várias áreas do Espinhaço foram examinados cristal por cristal, com lupa de bolso *triplet* de 10 aumentos. As amostras consideradas interessantes, quando possível, foram adquiridas e posteriormente reexaminadas no laboratório em lupa binocular estereoscópica, de até 40 aumentos. Com o intuito de agilizar o processo de estudo, adotou-se um esquema classificatório simplificado, envolvendo os tipos monocristalinos e os policristalinos. Entre os monocristalinos, foram definidas as formas (1) simples, como cubo, octaedro, rombododecaedro, octa-dodecaedro e trioctaedro, (2) combinadas, (3) geminadas, (4) agregadas, (5) irregulares e, (6) fragmentos de clivagem. As formas policristalinas foram divididas em (1) agregados policristalinos complexos (*borts*), (2) *ballas* e (3) carbonados.

Considerando a divisão proposta, certas regras foram obedecidas visando a sistematização do estudo, em particular a respeito dos diamantes monocristalinos:

(1) Se o cristal mostrou mais que 50 % de um hábito específico, ele foi considerado como pertencendo à divisão classificatória correspondente;

(2) Se o cristal exibiu menos que 50 % de um determinado hábito, ele foi designado como irregular ou fragmento de clivagem, conforme o caso;

(3) Cristais apresentando macias foram asssinalados sempre na categoria de geminados, independentemente se eles possuíam forma cristalina específica ou se eram irregulares;

(4) Na apresentação dos resultados, a aproximação das percentagens para duas casas decimais fez-se necessária para poderem ser caracterizados os tipos presentes em quantidades ínfimas, ao exemplo das variedades policristalinas.

8.3.2. Hábitos cristalinos observados

Entre os espécimes monocristalinos presentes na Província Diamantífera do Espinhaço, os hábitos serão descritos em separado, entre as formas simples, combinadas, geminadas, agregadas, irregulares e os fragmentos de clivagem. Os dados percentuais em relação a estes hábitos, nas várias áreas estudadas, são apresentados na Tabelas 28, 29, 30 e 31. A Tabela 32 sumariza os resultados a respeito do padrão morfológico do diamante do Espinhaço, incluindo comparações com outras áreas brasileiras onde estudos semelhantes foram realizados. Nas Figuras 42 e 43 apresentam-se, respectivamente, a ilustração dos principais hábitos determinados nos diamantes e a comparação em termos de percentagem, entre a freqüência desses hábitos.

Rombododecaedro

O hábito rombododecaédrico predomina em todas as áreas estudadas, variando entre 32 % no Rio Jequitinhonha e 38 % na área de Datas. Esses dados demonstram sua constância relativa na região do Espinhaço. O maior cristal examinado com este hábito, pesando 3,05 ct, era proveniente da área de lavra da Mineração Rio Novo, no Rio Jequitinhonha. O cristal apresentava curvatura característica das faces, onde eram freqüentes as figuras de dissolução com aspecto de meia lua (conhecidas como "unhadas" pelos comerciantes), as quais podem reduzir o valor das pedras. Esta feição será melhor detalhada no próximo item (8.4), no estudo das figuras de superfície do diamante.

Entre os cristais rombododecaédricos é comum a ocorrência de exemplares achatados e, quando esse desproporcionamento se acentua, os cristais tornam-se fusiformes, recebendo pelos garimpeiros a denominaçao de "grão-de-arroz" (Figura 42-A_3).

Interessante observar que o rombododecaedro é um hábito constante também em relação a sua distribuição granulométrica, predominando em todas as faixas de distribuição apresentadas. O mesmo parece não ocorrer em outras regiões diamantíferas de Minas Gerais; em Romaria foi verificado um aumento na proporção deste hábito nas granulometrias mais grossas (Svisero & Haralyi 1985).

Octaedro

Este hábito é o segundo em importância em termos percentuais, nas áreas de Grão Mogol (21,9 %) e Jequitaí (25,5%), enquanto que na região de Diamantina as formas de transição octaedro-rombododecaedro são mais abundantes. Em Jequitaí, observou-se um característico aumento no percentual de octaedros nas frações mais grossas. De um modo geral, os octaedros são muito mais abundantes no Espinhaço do que na região do Alto Paranaíba (Tabela 32).

Considerando que a cristalização do diamante se efetua pelo empilhamento dos planos (111), como geralmente é admitido pela maioria dos autores, o octaedro seria a forma de equilíbrio durante o crescimento do cristal (por exemplo, Moore & Lang 1974). Cristais octaédricos perfeitos foram observados diversas vezes, com freqüência apresentando arestas arredondadas (Figura 42-A_1). Também foram comumente verificados octaedros apresentando arestas e vértices reentrantes (Figura 42-A_2), originados pelo crescimento de dois ou mais indivíduos paralelos. Além desses tipos, observou-se ainda cristais octaédricos tabulares segundo o plano (111).

Transições octa-dodecaedro

As transições evolutivas entre o octaedro (111) e o rombododecaedro (110) são mostradas na Figura 42-B, devendo ser diferenciadas das outras combinações pois são originadas por processos diversos (Leite 1969). Embora mais raramente, o mesmo processo de evolução pode resultar em cristais hexaoctaédricos (hkl), estes não observados na região do Espinhaço. Whitelock (1973) introduziu a razão "O/R" para relacionar o octaedro (O) e o rombododecaedro (R), na tentativa de caracterizar as etapas transicionais do processo de evolução morfológica sofrido pelo diamante [(111) + (110) e (111) + (hhl)]. Nesse mecanismo, a forma de crescimento octaédrica original evolui por dissolução gradativa para outras formas cristalográficas compatíveis com a simetria do diamante (Figura 42-B).

Esses processos foram descritos inicialmente por Leite (1969) e Svisero (1969,1971), para diamantes das regiões do Triângulo Mineiro (MG) e do Alto Araguaia (MT),

respectivamente. Svisero & Haralyi (1985) caracterizaram a morfologia do diamante lavrado na Mina de Romaria, onde observaram a incidência de uma significante parcela de cristais de hábitos transicionais (≅ 7 %). No Espinhaço, as formas transicionais são ainda mais comuns, variando nas áreas estudadas entre 17,7 % (Grão Mogol) e 23,3 % (Jequitaí), verificando-se sempre o aumento relativo desses percentuais nas frações mais grossas. Desta maneira, em Grão Mogol, dos 20 diamantes com mais que 1 ct examinados, 12 possuíam esta forma (Tabela 30).

Cubo

O hábito cúbico é raríssimo entre os diamantes da Serra do Espinhaço. Apenas dois cristais deste tipo foram observados: um na área do Rio Jequitinhonha (0,11 ct) e outro em Grão Mogol (0,25 ct). Ambos eram desproporcionados (Figura 42-A_9), opacos e suas faces, apesar de planas, apresentavam-se muito corroídas. Seu aspecto interno, quase opaco, indica a existência de múltiplas microfraturas. O baixo percentual deste hábito verificado entre os diamantes do Espinhaço contrasta fortemente com os dados referentes à Mina de Romaria, onde os cubos representaram cerca de 8% dos cristais examinados por Svisero & Haralyi (1985). Diamantes com este hábito também são comuns em várias zonas kimberlíticas do Zaire e da África do Sul.

Trioctaedro

Este hábito pouco comum entre os diamantes em geral, foi observado com certa constância entre os diamantes do Espinhaço (Figura 42-A_4), embora em percentuais baixos variáveis entre 0,5 e 1,0 %. Em todas as áreas enfocadas, a presença destes tipos foi verificada em proporção mais significante apenas em cristais de peso superior a 1 ct.

Formas combinadas

As combinações comuns observadas na classe holoédrica são aquelas representadas pelas formas {110}, {111} e {100}, ou ainda {111} e {100}. Tais combinações são raras e talvez, sejam as únicas originadas pelo crescimento cristalino. Em Grão Mogol, foi observado um cristal com 0,07 ct, perfeitamente equidimensional, mostrando a combinação octaedro + cubo (Figura 42A-$_7$), onde as faces do ocatedro eram planas e lisas, enquanto as faces do cubo eram ligeiramente arredondadas e corroídas.

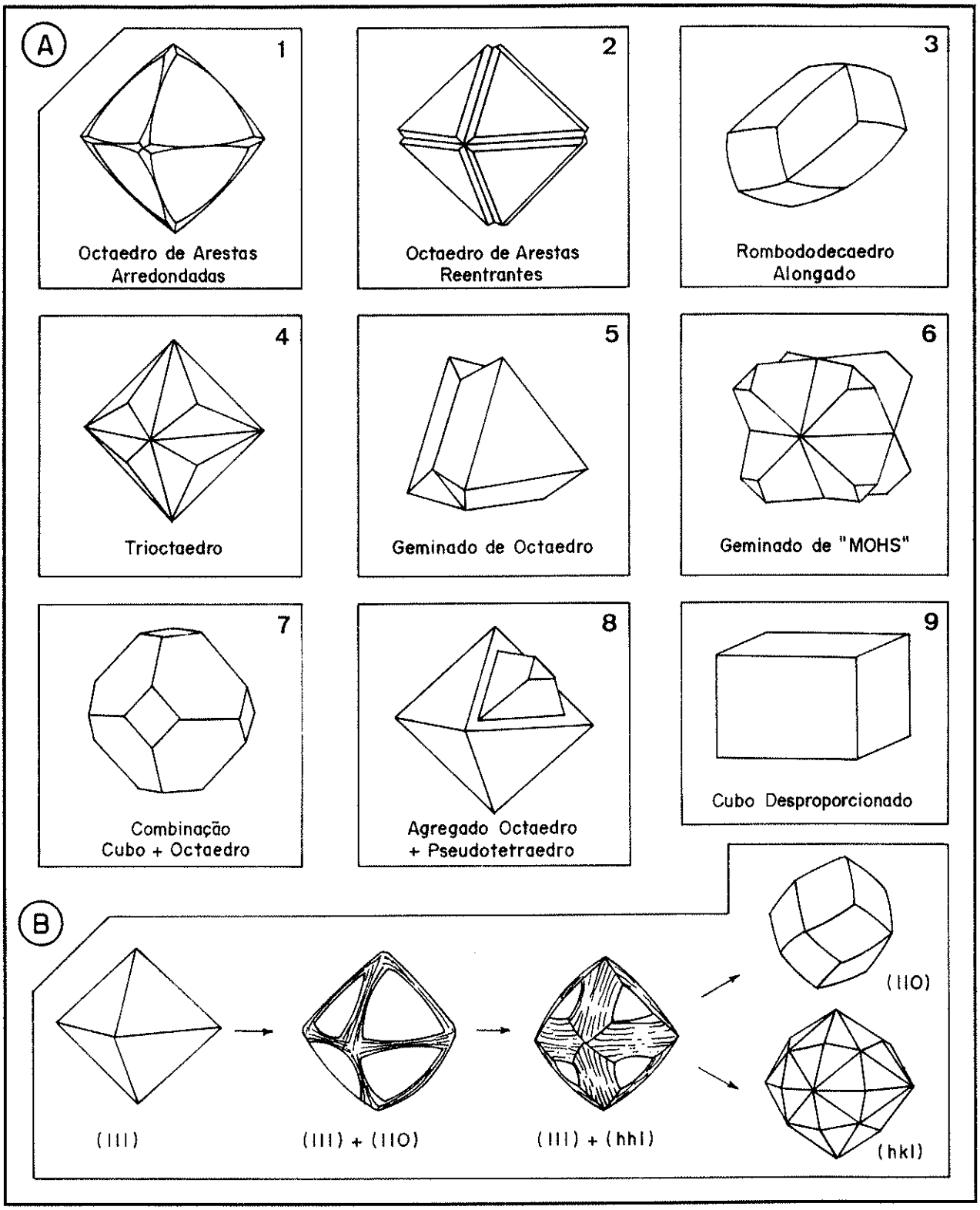


Figura 42: Principais hábitos observados no diamante da Serra do Espinhaço (A-1 até A-9) e o processo de evolução morfológica do diamante a partir do octaedro primitivo (B), passando por fenômenos de dissolução a formas transicionais (111) + (110) e (111) + (hhl), culminando com a formação do rombododecaedro (110) e do hexaoctaedro (110).

Geminações

Os cristais geminados são bastante característicos na região do Espinhaço, predominando os tipos desenvolvidos segundo a lei do espinélio (geminados de contato) em que o plano de composição é (111). Eles são tabulares e exibem contorno triangular, sendo por isso designados popularmente de "chapéus-de-frade" (Figura 42-A_5). Muitas vezes apresentam reentrâncias próximas aos vértices e estrias simétricas ao plano de geminação, aspectos que facilitam sua identificação. Diversos exemplares de formas semelhantes a "hexatetraedros", ao serem examinados com detalhe na lupa estereoscópica (40 aumentos), revelaram tratar-se de geminados onde o plano de contato estava praticamente ausente devido a dissolução.

Geminados de Mohs foram também observados (Figura 42A-$_6$), em particular no lote do Rio Jequitinhonha, perfazendo cerca de 5 % dos geminados examinados. Tratam-se de cristais de hábitos "cúbicos" com vértices salientes e faces reentrantes, resultantes de crescimentos complexos, talvez o produto de interpenetração de quatro octaedros distintos.

Entre os geminados em geral é observado um aumento de seu percentual relativo nas frações mais finas, principalmente nos cristais de peso inferior a 0,20 ct. Essa relação é muito diferente daquela encontrada na região do Alto Paranaíba, onde Leite (1969) caracterizou a predominância destes tipos em indivíduos com peso superior a 0,5 ct.

Cristais irregulares

Muitos diamantes, principalmente os menores, não apresentam hábito definido, mostrando-se como cristais muito achatados ou irregularmente desenvolvidos, sendo impossível orientá-los nas descrições de campo. Nestes casos, as faces planas são pouco proeminentes e, por vezes, os planos mostram-se tão recurvados que não se podem notar as arestas formadas por eles. Segundo Svisero (1971), as formas irregulares podem ser originadas como conseqüência do desproporcionamento durante seu crescimento, bem como pela dissolução mais acentuada em determinados setores do cristal.

A percentagem dos cristais irregulares variou entre 8 a 10 % dos exemplares examinados nas áreas do Rio Jequitinhonha, Datas e Grão Mogol, mas em Jequitaí essa categoria é relativamente mais rara, variando em torno de 3,4 %. Da mesma maneira que em relação aos cristais geminados, Leite (1969) observou um expressivo aumento das formas irregulares em cristais com peso superior a 0,5 ct. De fato, quando se estudou em Coromandel um lote de diamantes com a finalidade de determinar a freqüência de "capas verdes", a grande maioria dos cristais maiores que 0,80 ct eram de formato irregular.

Tabela 28: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Diamantina (Área do Rio Jequitinhonha), baseado em um lote de 1254 cristais.

PESO / HÁBITO	0,01-0,20 ct	0,21-0,40 ct	0,41-0,60 ct	0,61-0,80 ct	0,81-1,00 ct	1,01-2,00 ct	> 2,01 ct	Total (cristais)	(%)
Rombododecaedro	68	111	43	65	41	71	6	405	32,30
Octaedro	24	53	18	54	25	39	5	218	17,38
Octa-dodecaedro	59	43	24	37	39	60	17	279	22,25
Trioctaedro	0	0	0	1	5	2	7	16	1,28
Cubo	1	0	0	0	0	0	0	1	0,08
Combinado	2	3	2	0	0	0	0	7	0,56
Geminado	41	31	15	18	4	6	0	115	9,17
Agregado cristalino	1	1	0	0	0	0	0	2	0,16
Irregular	21	24	25	21	8	12	0	111	8,85
Fragmento	24	37	10	12	8	5	2	98	7,81
Bort	0	1	0	0	0	0	0	1	0,08
Ballas	0	0	0	0	0	0	1	1	0,08
Total	241	304	137	209	130	195	38	1254	100,00

Tabela 29: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Diamantina (Campo de Datas), baseado em um lote de 597 cristais.

PESO / HÁBITO	0,01-0,20 ct	0,21-0,40 ct	0,41-0,60 ct	0,61-0,80 ct	0,81-1,00 ct	1,01-2,00 ct	> 2,01 ct	Total (cristais)	(%)
Rombododecaedro	144	37	22	12	10	4	0	229	38,36
Octaedro	69	10	7	4	2	2	1	95	15,91
Octa-dodecaedro	87	22	14	5	1	3	2	134	22,45
Trioctaedro	0	0	0	0	0	2	1	3	0,50
Combinado	0	1	0	0	0	0	0	1	0,17
Geminado	30	3	1	1	0	0	0	35	5,86
Irregular	54	7	2	0	0	0	0	63	10,55
Fragmento	26	9	0	0	1	0	0	36	6,03
Ballas	0	0	0	0	1	0	0	1	0,17
Total	410	89	46	22	15	11	4	597	100,00

Tabela 30: Caracterização morfológica do diamante do Distrito de Grão Mogol, baseado em um lote de 768 cristais.

PESO / HÁBITO	0,01-0,20 ct	0,21-0,40 ct	0,41-0,60 ct	0,61-0,80 ct	0,81-1,00 ct	1,01-2,00 ct	>2,01 ct	Total (cristais)	(%)
Rombododecaedro	188	39	13	6	8	3	1	258	33,59
Octaedro	115	38	5	4	1	3	0	166	21,61
Octa-dodecaedro	91	21	5	2	5	4	8	136	17,71
Trioctaedro	0	0	0	0	0	1	0	1	0,13
Cubo	0	1	0	0	0	0	0	1	0,13
Combinado	1	2	1	0	0	0	0	4	0,52
Geminado	51	22	1	0	1	0	0	75	9,77
Irregular	46	13	2	2	1	0	0	64	8,33
Fragmento	41	9	3	1	1	0	0	55	7,16
Bort	2	1	0	0	0	0	0	3	0,39
Ballas	1	2	0	0	1	0	0	4	0,52
Carbonado	0	0	0	1	0	0	0	1	0,13
Total	536	148	30	16	18	11	9	768	99,99

Tabela 31: Caracterização morfológica do diamante do Distrito da Serra do Cabral (Área de Jequitaí), baseado em um lote de 408 cristais.

PESO / HÁBITO	0,01-0,20 ct	0,21-0,40 ct	0,41-0,60 ct	0,61-0,80 ct	0,81-1,00 ct	1,01-2,00 ct	>2,01 ct	Total (cristais)	(%)
Rombododecaedro	87	30	18	11	6	5	0	157	37,48
Octaedro	52	13	9	10	5	12	3	104	25,49
Octa-dodecaedro	36	23	12	4	1	13	6	95	23,28
Trioctaedro	0	0	0	0	1	0	1	2	0,49
Geminado	14	4	0	0	0	0	0	18	4,41
Agregado cristalino	0	1	0	0	0	0	0	1	0,24
Irregular	11	3	0	0	0	0	0	14	3,43
Fragmento	9	7	0	0	0	0	0	16	3,92
Ballas	0	0	0	0	1	0	0	1	0,24
Total	209	81	39	25	14	30	10	408	99,98

Agregados cristalinos

Sob essa denominação, são aqui considerados os agregados de dois ou três cristais, onde os indivíduos possuem hábito determinável sob lupa de 10 aumentos. Essa variedade é raríssima na Serra do Espinhaço, onde foram observados dois exemplares procedentes do Rio Jequitinhonha e um de Jequitaí), todos eles apresentando a associação de indivíduos octaédricos (Figura 42-A_8).

Fragmentos de clivagem

Esta categoria inclui diamantes de hábitos determináveis ou não, que apresentam aproximadamente 50 % ou mais do cristal original quebrados ao longo de um dos planos de clivagem. Cristais com essas características variaram em torno de 6 a 7 % nas áreas de Datas, Rio Jequitinhonha e Grão Mogol. Em Jequitaí sua presença é mais rara, não chegando a 4 % dos cristais examinados. Esses dados contrastam com o percentual de fragmentos presentes em kimberlitos, que podem alcançar até 70 % segundo Williams (1932), bem como com aquele verificado na Mina de Romaria, onde Svisero & Haralyi (1985) constataram ser da ordem de 24 % dos cristais examinados.

Tabela 32: Caracterização morfológica geral do diamante da Serra do Espinhaço (dados de percentagem em relação ao número de cristais examinados), comparada com dados da mesma ordem reportados para outras zonas diamantíferas brasileiras, como na Mina de Romaria (Svisero & Haralyi 1985) e Triângulo Mineiro (Leite 1969), Minas Gerais, e dos garimpos da região de Tibagi-Telêmaco Borba, Paraná (Chieregati 1989). Os dados do Distrito de Diamantina foram obtidos pela média aritmética ponderada das percentagens de Datas e do Rio Jequitinhonha. (Hábitos do diamante: S, monocristalinos simples e P, policristalinos).

LOCAL (nº de cristais) / HÁBITOS (%)		SERRA DO ESPINHAÇO			OUTRAS LOCALIDADES		
		Diamantina (1851)	Grão Mogol (768)	Jequitaí (408)	Mina de Romaria (5317)	Triângulo Mineiro (230)	Rio Tibagi (2210)
S	Rombododecaedro	34,3	33,6	38,5	29,0	28,3	61,4
S	Octaedro	16,9	21,6	25,5	5,2	15,7	5,8
S	Trioctaedro	1,0	0,1	0,5	-	-	-
S	Cubo	0,1	0,1	-	8,1	0,9	-
S	Cubo piramidado	-	-	-	2,4	-	0,6
Transições octa-rombod.		22,3	17,7	23,3	6,9	7,8	16,2
Combinados (outros)		0,4	0,5	-	-	2,2	-
Geminados		8,1	9,8	4,4	5,6	13,8	1,5
Agregados cristalinos		0,1	-	0,2		-	-
Irregulares		9,4	8,3	3,4	8,7	19,1	8,0
Fragmentos de clivagem		7,2	7,2	3,9	24,2	12,0	5,5
P	*Borts*	0,1	0,4	-	9,9	-	0,5
P	*Ballas*	0,1	0,5	0,2	-	-	-
P	Carbonados	-	0,1	-	-	-	-

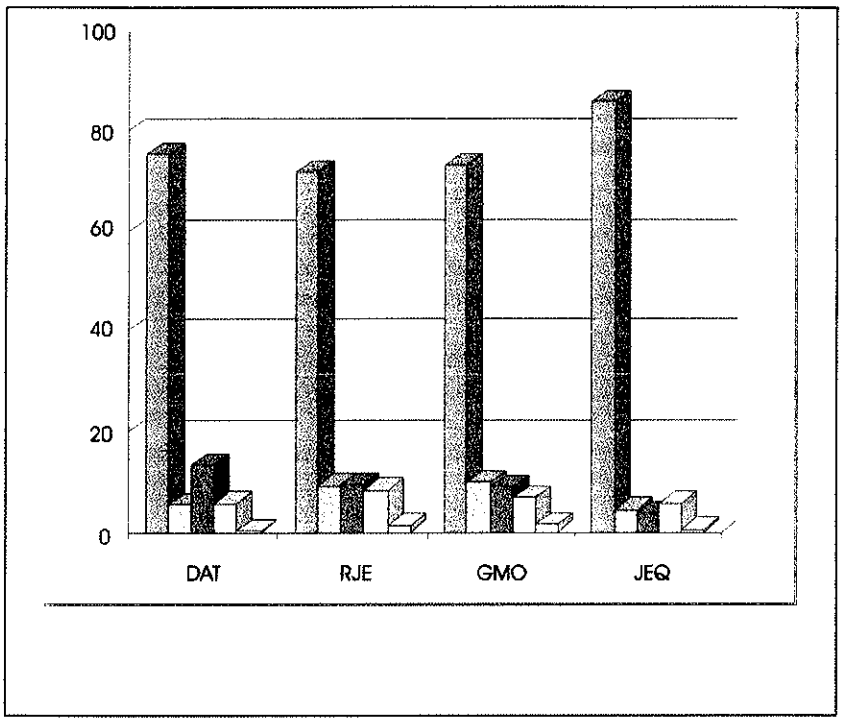


Figura 43: Comparação entre os principais hábitos do diamante da Serra do Espinhaço. Barras (da esquerda para a direita): 1 - formas simples e combinadas (octaedros, rombo-dodecaedros e transições); 2 - geminações; 3 - formas irregulares; 4 - fragmentos de clivagem; 5 - outros tipos (cristais cúbicos e agregados policristalinos). Localidades, DAT = Datas, RJE = Rio Jequitinhonha, GMO = Grão Mogol e JEQ = Jequitaí.

8.4. FIGURAS DE SUPERFÍCIE

O estudo das estruturas presentes nas superfícies de diamantes procedentes das várias áreas pesquisadas na Serra do Espinhaço, foi realizado através de microscopia óptica e eletrônica, permitindo obter uma série de dados relativos ao microrelevo e processos relacionados à morfologia externa dos cristais. Os diamantes foram previamente examinados no campo, nas áreas de Datas, Grão Mogol e Jequitaí, com lupa de 10 aumentos *triplet*, e os cristais contendo figuras consideradas interessantes foram adquiridos nos próprios locais visando estudos posteriores em laboratório. Diversos destes cristais foram fotografados no *scanning eletronic microscope*, tipo *Philips XL-20* com imagem acoplada a um microcomputador, pertencente ao laboratório de Metalurgia Física da UFRGS.

Patel & Agarwal (1965) observaram que a velocidade de dissolução na superfície do diamante não era homogênea, ocorrendo seletivamente na seguinte ordem dos planos cristalográficos: (110) > (100) > (111), ou seja, existe uma diferença relativa na velocidade de dissolução entre esses planos que facilita a corrosão segundo (110), correspondente às faces do rombododecaedro. Este fato explica porque os cristais, inicialmente octaédricos, tornam-se progressivamente trioctaédricos, hexaoctaédricos e finalmente rombododecaédricos, conforme mostrado na Figura 43-B.

Microestruturas em (111)

As faces (111) do diamante são as únicas com superfícies planas, geralmente lisas, contendo estruturas simétricas ao eixo ternário. As arestas variam desde agudas até muito arredondadas. Os trígonos (*trigons*) representam as principais figuras observadas nestas faces, constituindo depressões triangulares equiláteras de profundidades varáveis, podendo ser vistas desde a vista desarmada até dimensões próximas a 10 Å (Tolansky 1960). Essas feições orientam-se sempre em oposição ao contorno triangular das faces do octaedro. O fundo das depressões pode ser plano ou escalonado, neste último caso muitas vezes se desenvolvendo como pirâmides negativas.

Entre os diamantes do Espinhaço os trígonos são muito raros a nível macroscópico, tendo sido observados em apenas 13 cristais dos 1773 examinados no campo. O aspecto liso das faces (111), conforme observado na Micrografia Eletrônica 1, contrasta com o aspecto "áspero" que em geral as faces do rombododecaedro apresentam, e isto fica evidente nos cristais transicionais entre os dois hábitos, onde ambas as características podem estar presentes.

Leite (1969) descreveu em diamantes da região do Triângulo Mineiro, trígonos orientados em concordância ao contorno triangular das faces (111). Como as tentativas de obter artificialmente estas figuras, por meio de corrosão em KNO_3 fundido a 500° C, revelaram trígonos concordantemente orientados naquelas faces, Williams (1932) e Tolansky (1960) admitiram o crescimento como responsável pelas situações onde as figuras estão em oposição. Leite (1969) e Svisero (1969), baseados em diversas evidências morfológicas, consideraram os trígonos originados por fenômenos de dissolução.

Esses mesmos fenômenos de corrosão, são também considerados os responsáveis pela transformação de superfícies planas (111) para formas abauladas, que resultam progressivamente nas transições entre o octaedro, o rombododecaedro e o hexaoctaedro.

Microestruturas em (100)

Nas faces de cubo, raramente observadas nos cristais examinados, ocorrem sempre figuras características com a forma de cavidades de contorno quadrado ou retangular, escalonadas ou piramidadas (Micrografia Eletrônica 2). Essas cavidades são pouco profundas e se encontram inclinadas a 45° das arestas cúbicas. Williams (1932) interpretou tais estruturas como originadas por crescimento cristalino; Leite (1969), de outra maneira, considerou improváveis quaisquer figuras de crescimento na superfície de diamantes naturais, preferindo explicá-las por processos corrosivos diversos.

Certos hábitos semelhantes a hexatetraedros tabulares, presentes principalmente entre os diamantes da região de Grão Mogol, foram interpretados como o produto da corrosão sobre as faces do cubo. Nas descrições de campo, esses cristais foram classificados como irregulares.

Microestruturas em (110)

Os primeiros estudos envolvendo as superfícies (110) de diamantes foram realizados por Fersman & Goldschmidt (1911), os quais postularam serem essas faces resultantes de processos naturais de dissolução. Williams (1932) realçou a presença comum de estrias paralelas sobre essas faces, entre os diamantes sul-africanos. Moore & Lang (1974) examinaram com detalhe as feições típicas de arredondamento quase sempre presentes nestas superfícies.

O exame das superfícies (110) no microscópio de varredura revelou várias microestruturas, tais como estruturas em degraus, em rede, estrias paralelas, linhas de limite diametrais, saliências de contorno irregular e colinas.

De particular importância, as estruturas em degraus escalonados caracterizam-se por apresentar um padrão geométrico constante, que podem ser observadas desde pequenos aumentos até ampliações de centenas de vezes (Fotomicrografia 1 e Micrografia Eletrônica 3). Cada degrau corresponde a um plano (111) formado durante o crescimento do cristal. A dissolução atua nos setores de separação dos sucessivos planos e produz inicialmente um abaulamento nas bordas dos degraus (Svisero & Pimentel 1970). As regiões contendo menor número de defeitos cristalinos oferecem uma resitência maior à dissolução, destacando-se na superfície (Micrografia Eletrônica 3). Esses detalhes constituem evidências diretas de que tais feições sejam produzidas pela dissolução natural.

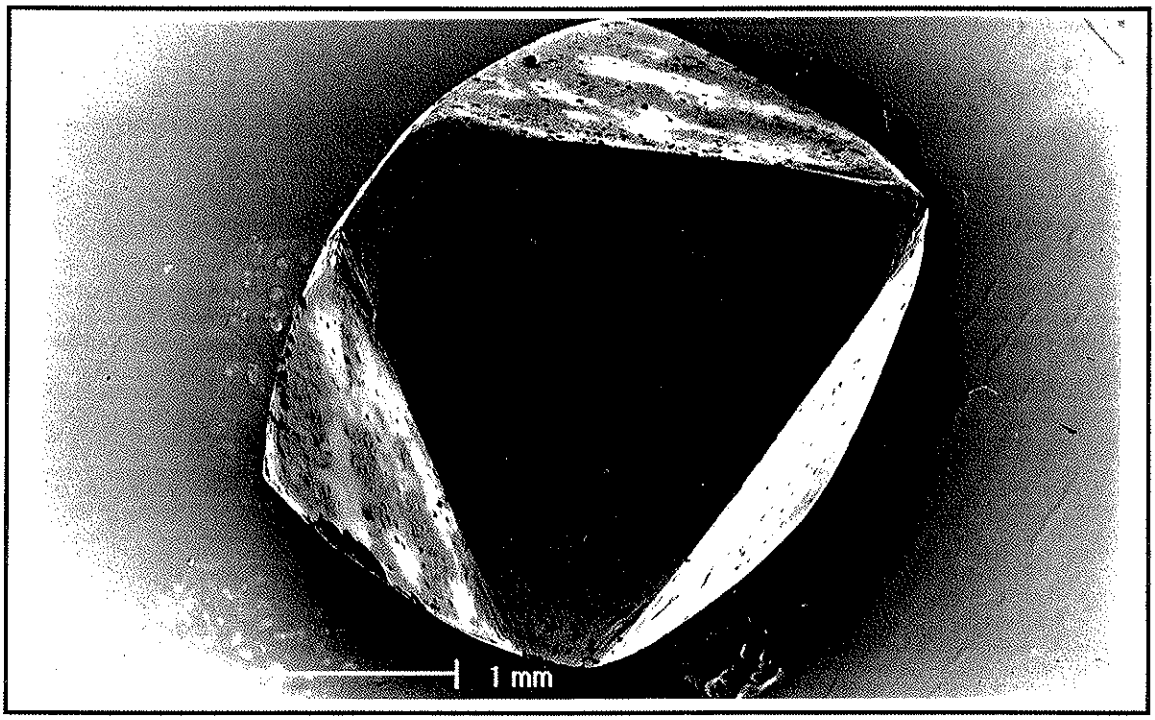
Um dos principais problemas concernentes as superfícies (110) é a presença comum de certas figuras com formas aproximadas de meia lua, designadas no jargão

comercial como "unhadas". Essas figuras são ainda conhecidas no âmbito da geologia como *impact marks* (Censier & Tourenq 1995) e como o nome define, teriam sido produzidas nos diamantes durante o transporte no meio fluvial. Ensejando contribuir para o esclarecimento de tal questão, dezenas dessas estruturas foram examinadas no microscópio óptico, porém não se encontrou nenhuma evidência adicional a favor desta hipótese.

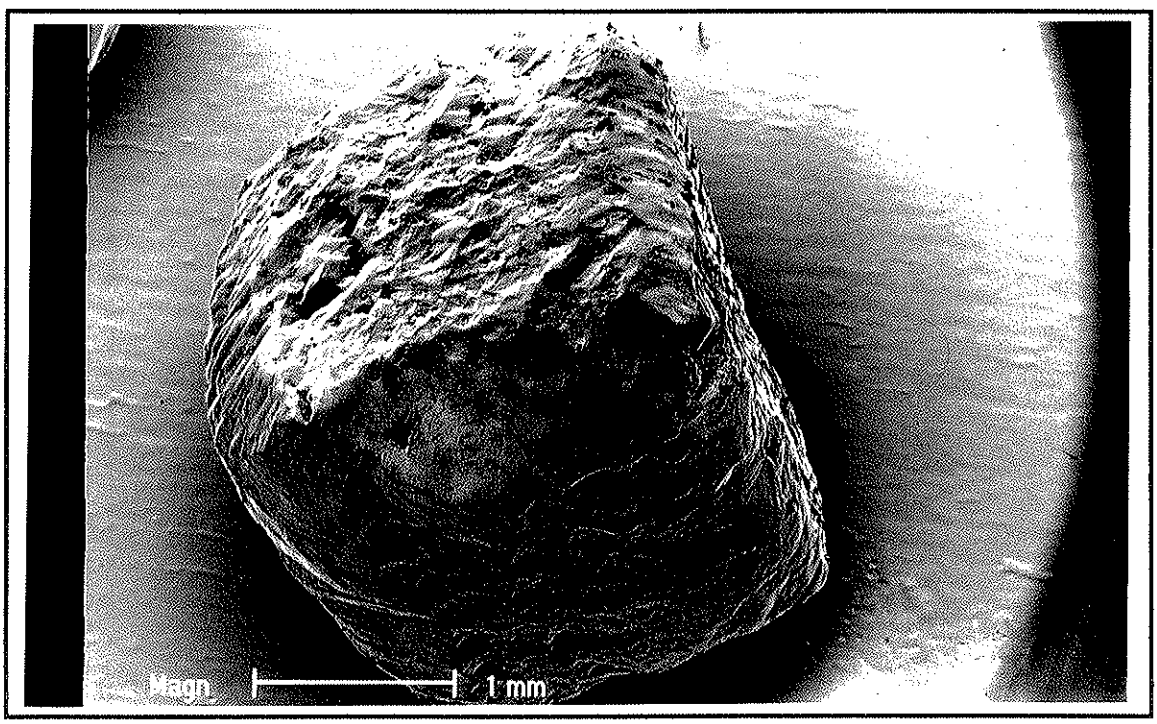
Deve ser ressaltado também que essas figuras em meia lua estão presentes exclusivamente em faces rombododecaédricas, sugerindo que elas não devem estar relacionadas a impactos ocorridos durante o transporte. Se tal fato fosse verdadeiro, essas figuras deveriam estar presentes, indistintamente, em todos os tipos de faces cristalinas. Em geral, as superfícies em questão exibem rugosidades no exame com a lupa de 10 aumentos (Fotomicrografia 1), em contraste nítido com as superfícies normalmente lisas que as faces (111) apresentam. Sob a observação no microscópio, essas feições adquirem contorno geométrico regular, muitas vezes semelhantes às descritas por Svisero (1969,1971) como "estruturas em degraus" (Micrografia Eletrônica 3). O contorno escalonado e repetido de certas depressões tidas como marcas de impacto, não parece deixar dúvidas que elas sejam produto de dissolução natural. Esses dados confirmam as observações de Svisero (1971), o qual ressaltou: "a clivagem é a única alteração sofrida pelo diamante durante o transporte".

8.5. CORES

A cor de um mineral resulta de uma série de condicionantes físicas e químicas que dependem da absorção seletiva da luz por ele transmitida ou refletida. No caso específico do diamante, esta característica é ainda mais evidente: o mineral é incolor em seu estado ideal, porém, além das várias tonalidades de amarelado, são reportadas espécies de todas as colorações, tais como branco leitoso, amarelo canário, laranja, rosa, violeta, verde, azul, marrom e preto. Diamantes incolores apresentam várias sutilezas de tons, que são de importância fundamental na sua comercialização, e este aspecto fez que se desenvolvesse toda uma terminologia própria, que será tratada no item sobre a gemologia do mineral (8.11). Os diamantes coloridos (*fancy diamonds*), como rosa, vermelho, azul ou verde, podem alcançar preços até centenas de vezes superiores em relação aos cristais puros e incolores, dentro de uma mesma faixa de peso.

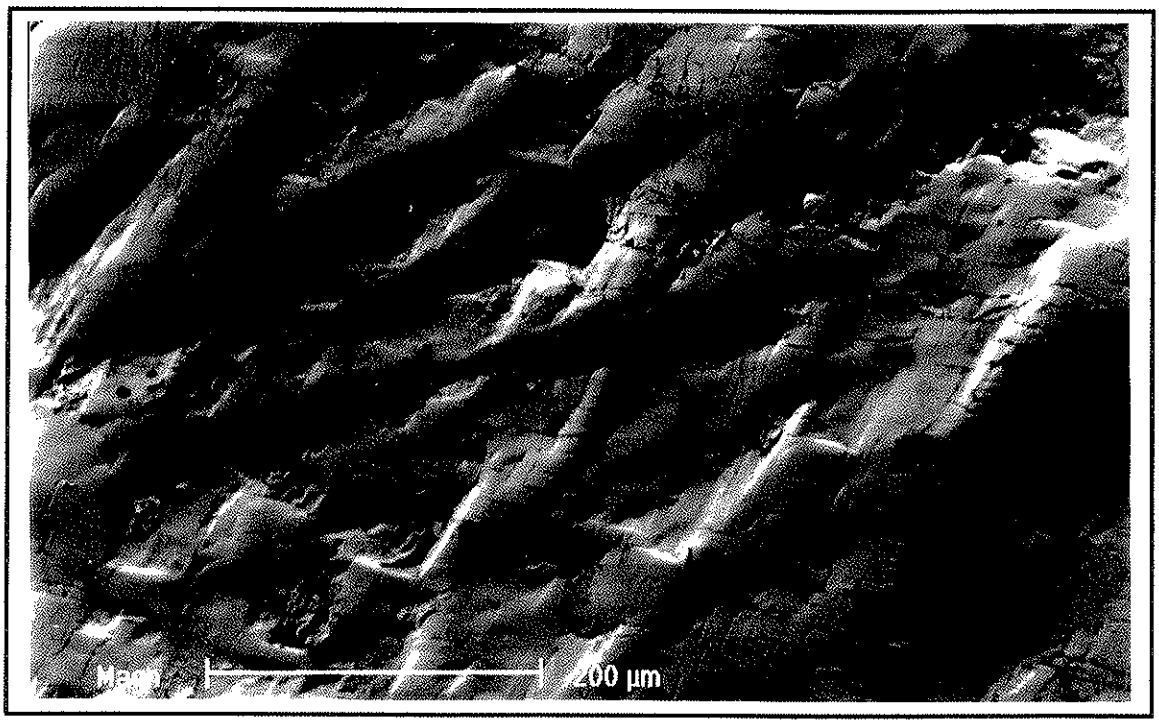


Micrografia Eletrônica 1: Cristal de diamante com hábito octaédrico, observando-se o aspecto liso das faces (111).



Micrografia Eletrônica 2: Cristal de diamante com hábito cúbico, observando-se figuras de contorno quadrado ou retangular escalonadas nas faces (100).

Fotomicrografia 1: Diamante de hábito rombododecaédrico (peso = 0,38 ct), apresentando nas faces (110) figuras conhecidas como "marcas de impacto".



Micrografia Eletrônica 3: Detalhe da micrografia anterior, observando-se que as "marcas de impacto" são estruturas em degraus provavelmente formadas pela dissolução natural atuando nas faces (110).

A classificação das cores dos diamantes da Serra do Espinhaço foi efetuada com base em um critério puramente visual, permitindo assim comparações com outras localidades brasileiras, como a Mina de Romaria (Svisero & Haralyi 1985) e os garimpos do Rio Tibagi, Paraná (Chieregati 1989). As seguintes cores foram notadas nos cristais de diamante examinados: incolor (incluindo tonalidades levemente amareladas), amarelo, branco, cinza, preto, marrom (claro/escuro), amarelo canário e laranja, as duas últimas sendo consideradas como cores de fantasia.

Chieregati (1989) em seus estudos classificou também cristais de cor verde. Entretanto, segundo informação verbal deste próprio autor, tal coloração seria apenas superficial, constituindo diamantes de capa verde (*green coated diamond*). Assim, como o verde não é uma característica interna do mineral e, ainda, o como o assunto será tratado em capítulo específico (8.9), preferiu-se aqui não incluí-lo. Esses diamantes de capa verde apresentam uma coloração freqüentemente heterogênea e com "janelas" que permitem a visualização da parte interna do cristal, permitindo assim que eles sejam classificados de acordo com sua cor verdadeira (*body color*).

Na Tabela 33 pode ser observado que os cristais incolores constituem a grande maioria (> 95 %) entre os examinados. Esse predomínio ocorre também em todas as frações de granulometria. A inclusão de uma classe de cristais incolores "de cor perceptível", apesar de ser um detalhamento de ordem gemológica, foi considerada necessária para comparações com o diamante de Romaria, onde ela foi utilizada (Svisero & Haralyi 1985). Nessas comparações, incluindo também duas localidades do Rio Tibagi (Chieregati 1989), classificou-se os cristais como incolores, de cores amareladas acentuadas e coloridos, podendo ser observadas as predominâncias dos cristais incolores, ou seja, de qualidade gemológica, nos depósitos brasileiros. Em relação aos depósitos do Espinhaço, o largo predomínio de cristais incolores é uma das razões determinantes dos altos preços médios alcançados por seus diamantes.

Tabela 33: Freqüência das cores dos diamantes da Serra do Espinhaço (dados de percentagem em relação ao número de cristais examinados em cada área).

ÁREA (nº cristais) / CORES		SERRA DO ESPINHAÇO			OUTRAS LOCALIDADES			
		DATAS (597)	RIO JEQUITI-NHONHA (1254)	GRÃO MOGOL (768)	JEQUITAÍ (408)	MINA DE ROMARIA	RIO TIBAGI (1)	RIO TIBAGI (2)
Incolor	Autêntico	68,51	67,78	53,65	74,02	65,62	52,20	57,94
	Cor perceptível	28,47	29,19	41,53	25,00	10,38	-	-
Amarela/marrom claro		1,67	1,75	1,80	0,49	3,38	33,10	29,10
Marrom escuro		1,34	0,80	1,56	-	-	13,30	8,60
Cinza		-	0,16	0,78	-	19,65	-	-
Preto		-	-	0,26	-	-	-	-
Coloridos	Amarelo	-	-	-	0,24	-	-	-
	Laranja	-	0,16	-	-	-	-	-
Branco		-	0,16	0,52	0,24	-	-	-
Outras		-	-	-	-	0,92	1,30	4,36

8.6. LUMINESCÊNCIA

Freqüentemente os diamantes mostram sob incidência de raios ultra-violetas em ondas longas, fluorescências de colorações variadas como azul, verde, amarelo e rosa. A coloração azul é a mais comum e pode variar do azul claro até o azul anil. Esta resposta do diamante à excitação com raios ultra-violetas tem aplicação prática para a identificação de jóias contendo a gema. Alguns diamantes apresentam ainda fosforescência, ou seja, permanecem luminescendo mesmo após da fonte ultra-violeta ter cessado. Sob a incidência de fontes ultra-violetas de ondas curtas as reações de cores são semelhantes, porém muito menos intensas; assim sendo, apenas os cristais que mostram fluorescência forte sob ondas longas vão apresentar uma fluorescência, média ou fraca, quando excitados com ondas curtas. Para o conhecimento do comportamento luminescente dos diamantes da Serra do Espinhaço, foram escolhidos aleatoriamente 200 exemplares em cada uma das quatro áreas estudadas em detalhe, os quais, em local escurecido, foram examinados com o *mineralight*. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 34.

Os dados apresentados revelam valores na faixa de 10 a 20 % de cristais não fluoresecentes. Entre os que mostraram esta propriedade, predominam sempre os de intensidade média. Notou-se uma certa semelhança nos valores percentuais das cores de fluorescência nas várias regiões abrangidas pelo estudo, com predominâncias do verde (Datas, Rio Jequitinhonha) e do azul (Grão Mogol, Jequitaí).

Interessante observar que todos os diamantes coloridos (*fancy diamonds*), presentes nas áreas do Rio Jequitinhonha e Jequitaí, apresentaram fluorescência rósea. Os dois únicos cristais cúbicos examinados em toda a região também apresentaram fluorescência rósea. Um cristal não fluorescente, oriundo da área do Rio Jequitinhonha, mostrou uma inclusão com fluorescência amarela forte. O mesmo ocorreu com outro cristal, procedente de Grão Mogol e com fluorescência verde de intensidade média, apresentando também uma inclusão de fluorescência amarela forte.

Raríssimos cristais fosforescentes foram observados entre os diamantes examinados. Apenas seis deles apresentaram esta propriedade, todos eles com fluorescência azul forte: três de Datas, dois de Grão Mogol e um do Rio Jequitinhonha. Esses dados contrastam fortemente com aqueles verificados na região do Alto Paranaíba, onde Leite (1969) considerou que a maioria dos diamantes azul-fluorescentes eram também fosforescentes.

Tabela 34: Freqüência das cores e intensidades de fluorescência em diamantes da Serra do Espinhaço (dados de percentagem em relação a 200 cristais examinados por área).

FLUORESCÊNCIA / ÁREA		DATAS	RIO JEQUITINHONHA	GRÃO MOGOL	JEQUITAÍ
CORES	Ausente	10,0	14,5	9,5	19,5
	Azul, azul "leitoso"	28,5	30,0	33,0	34,0
	Azul esverdeado, verde azulado	17,0	11,0	12,0	18,0
	Verde, verde amarelado	34,5	32,0	29,0	22,5
	Amarelo, amarelo esverdeado	4,0	5,0	10,5	2,0
	Rosa, rosa avermelhado	6,0	7,5	6,0	4,0
INTENSIDADES	Ausente	10,0	14,5	9,5	19,5
	Fraca	29,0	33,5	34,0	10,5
	Média	42,0	38,0	37,0	46,0
	Forte	19,0	14,0	19,5	24,0

8.7. ESPECTROS DE ABSORÇÃO NO INFRAVERMELHO

8.7.1. Evolução do conhecimento sobre o método

Uma vasta bibliografia abrange o problema dos espectros de absorção no infravermelho apresentados por diferentes cristais de diamante e a discussão a seguir demonstra a complexidade do tema. Deve-se inicialmente ao estudo de Robertson *et al.* (1934), uma classificação para os diamantes que se tornou clássica, ao reconhecerem dois grupos distintos designados como tipos "I" e "II". Essa classificação foi baseada fundamentalmente nas diferenças de algumas das propriedades físicas exibidas pelos dois grupos, tais como morfologia, birrefringência anômala, e absorções nos espectros infravermelho e ultravioleta (Tabela 35).

Posteriormente Custers (1952), estudando a condutividade elétrica de cristais do Tipo II, observou que nem todos os diamantes deste grupo apresentavam tal propriedade, reconhecendo então a existência de dois subtipos designados de "IIa" e "IIb". Os diamantes IIb, mais raros, foram descritos como tendo em geral uma coloração azulada e, ainda, considerados de maior interesse por serem semicondutores, com resistividade da ordem de 150 ohm/cm em temperaturas ambientais. Os cristais IIa, embora transmitissem radiação de comprimento de onda de 2350 Å, não eram semicondutores.

De maneira análoga, Sutherland *et al.* (1954) analisando diversos espectros do Tipo I, dividiram os picos de absorção no intervalo entre 1670-700 cm^{-1} (6-13 μ) em dois subtipos distintos denominados de "A" e "B". Em seguida, Kaiser & Bond (1959) determinaram, através de análises químicas, que o nitrogênio era impureza comum em todos os cristais do Tipo I, podendo alcançar concentrações de até 0,2 %. Utilizando espécimes nas quais as componentes "B" representavam apenas uma pequena contribuição à malha de absorção, determinaram que havia uma relação linear entre a banda proeminente de absorção "A" em 1282 cm^{-1} (7,8 μ) e a liberação do nitrogênio quando o diamante se grafitizava. Concluíram assim que o nitrogênio presente no retículo cristalino, sob a forma substitucional ou intersticial, era o responsável pelas absorções entre 1670-700 cm^{-1} (os grupos "A" e "B", de Sutherland *et al.* 1954).

Smith *et al.* (1959) observaram que certos diamantes do Tipo I, com teores baixos em nitrogênio, apresentavam ressonância nuclear magnética. Sugeriram que esse comportamento poderia ter sua causa na existência de um elétron extra, resultante da substituição de um átomo de carbono pelo nitrogênio. Tornou-se assim evidente que os centros de nitrogênio, determinados por Kaiser & Bond (1959), possuíam uma natureza

diferente daqueles estudados por Smith *et al.* (1959). Elliot (1960) sugeriu então a possibilidade da maior parte do nitrogênio estar segregado no interior do cristal constituindo placas paralelas ao plano (100) do diamante; apenas uma pequena parcela ocorreria substituindo os átomos de carbono, resultando diamantes paramagnéticos.

Elliot (1960) baseou-se em trabalhos de outros pesquisadores sobre o comportamento anômalo do diamante do Tipo I na difração de raios X. Sabia-se que esses diamantes apresentavam reflexões anômalas, ou *spikes*, que não podiam ser explicadas senão considerando-se a existência do nitrogênio em planos paralelos a (100). Essa hipótese foi confirmada por Evans & Phaal (1962) através de microscopia eletrônica. Utilizando amostras reduzidas à espessura de alguns mícrons pela ação de agentes corrosivos, observaram inúmeras lâminas isoladas e orientadas no interior do cristal.

Relacionando a forma pela qual o nitrogênio se apresenta na rede cristalina com os grupos "A" e "B" de Sutherland *et al.* (1954), novos estudos efetuados por Dyer *et al.* (1965) completaram a divisão do Tipo I nas variedades Ia e Ib. O Tipo Ia, com placas submicroscópicas (600-1000 Å) de nitrogênio, é a variedade espectrográfica em geral mais freqüente entre os diamantes naturais, apresentando picos de absorção em 1280 cm^{-1} (7,8 μ), 1220 cm^{-1} (8,2 μ) e 1100 cm^{-1} (9,1 μ). Os do Tipo Ib, paramagnéticos por conterem nitrogênio substitucional, apresentaram vibrações a 1430 cm^{-1} (7,0 μ), 1370 cm^{-1} (7,3 μ), 1175 cm^{-1} (8,5 μ), 1000 cm^{-1} (10,0 μ) e 770 cm^{-1} (12,8 μ).

Tabela 35: Primeira tentativa de classificação do diamante de acordo com suas propriedades físicas (Robertson *et al.* 1934).

PROPRIEDADE	TIPO I	TIPO II
Morfologia	Cristais bem formados	Cristais irregulares
Birrefringência anômala	Forte	Fraca ou ausente
No infravermelho	Absorção entre 6-13 μ	Não absorve
No ultravioleta	Forte absorção para menor que 3000 Å	Forte absorção para λ menor que 2500 Å
Fotocondutividade	Fraca	Forte
Difração de raios X	Reflexões anômalas, ou *spikes*	Ausente

Davies (1971) demonstrou que era ainda possível a decomposição do espectro *one-phonon* (1332-900 cm^{-1}) dos diamantes Ia em duas componentes espectrais distintas, causadas por dois defeitos estruturais diferentes. Assim, foram designados os tipos "IaA" e "IaB" para caracterizarem essas componentes espectrais e os defeitos responsáveis por eles (Tabela 36). Um outro fator, não levado em conta no trabalho de Davies (1971), permitiu ainda o reconhecimento de uma terceira componente, chamada "D", que também mostra absorção fraca em 1282 cm^{-1} no espectro *one-phonon* (Clark & Davey 1984). Os diamantes com esta propriedade possuem uma mistura de características "A" e "B" (Woods 1986) e um pico de absorção localizado próximo de 1365 cm^{-1}, designado de "D" devido aos defeitos causados por plaquetas de nitrogênio nos planos (001), já conhecidos desde Evans & Phaal (1962).

Segundo Gaal (1977), em termos gerais a grande maioria dos diamantes são do Tipo I. Destes, a maior parte pode ser relacionada ao grupo Ia, isto é, contendo nitrogênio na forma de agregados. Os do grupo Ib, contendo átomos dispersos de nitrogênio em substituição ou intersticiais aos de carbono, compreendem menos que 1 % dos cristais do Tipo I. Interessante observar, porém, que todos os diamantes sintéticos contendo nitrogênio são do Tipo Ib. Devido a sua alta resistência elétrica, os cristais do Tipo I são essencialmente não condutores.

Os diamantes do Tipo II são normalmente mais puros e com menos defeitos cristalinos que os do Tipo I. A maioria dos cristais do Tipo II são do grupo IIa, não condutores de eletricidade porém com uma condutividade térmica cerca de cinco vezes superior à do cobre. Os do grupo IIb são raríssimos, ocorrendo na África do Sul na proporção de um para cada mil diamantes do Tipo II. Eles apresentam a propriedade de serem semicondutores de eletricidade e ainda de retificar a corrente elétrica, provavelmente devido à presença de diminutas quantidades de boro na rede cristalina.

Os cristais do Tipo IIa possuem um espectro infravermelho extremamente simples, já que são isentos de impurezas, apresentando uma única banda de absorção entre 2650 cm^{-1} e 1590 cm^{-1} resultante de vibrações provocadas pelas ligações carbono-carbono. Os do Tipo IIb, embora semelhantes aos IIa, contém absorções extras nas freqüências de 2940 cm^{-1}, 2809 cm^{-1}, 2793 cm^{-1} e 2457 cm^{-1} (Wedephol 1957).

Diversos autores têm demonstrado que, na prática, a distinção entre os diversos diamantes do Tipo I (mais comuns) não se opera com facilidade (Leite 1969, Davies 1971, Svisero *et al.* 1972), havendo inúmeros problemas de ordem não determinada relacionados ao nitrogênio e seu comportamento no interior dos cristais de diamante, além de outros complicadores mal conhecidos, que continuam sendo objeto de pesquisas específicas (por exemplo, Woods *et al.* 1990).

Tabela 36: Caracterização do nitrogênio em diamantes do Tipo I (conforme Woods *et al.* 1990).

TIPO ESPECTRAL	FORMA DE AGREGAÇÃO DO NITROGÊNIO (N)	ABSORÇÃO CARACTERÍSTICA NO INFRAVERMELHO
IaA	N em pares de átomos substitucionais	1282 cm^{-1}
IaB	N substitucional em átomos agregados maiores que dois	1175 cm^{-1}
Ib	N substitucional em átomos simples e dispersos	1137 cm^{-1}

8.7.2. Espectros infravermelhos obtidos

O método de espectroscopia de raios infravermelhos no estudo da composição química e dos defeitos estruturais do diamante consiste basicamente na incidência de um feixe condensado de raios infravermelhos na amostra sob análise, de modo que ela emita picos de absorção típicos, capazes de fornecer um espectrograma característico onde o presença e o comportamento do nitrogênio são determinados. São raros os estudos sobre o assunto envolvendo amostras de diamantes de depósitos brasileiros. Dentre estes, destacam-se os de Leite (1969) com diamantes coletados na região do Triângulo Mineiro (Província Diamantífera do Alto Paranaíba) e os de Svisero *et al.* (1972) com amostras provenientes de garimpos do Alto Rio Araguaia, Mato Grosso. Em relação à Serra do Espinhaço Meridional, tais estudos limitavam-se a apenas cinco análises fornecidas por Milledge *et al.* (1991).

Tabela 37: Principais características e tipos espectrográficos dos cristais de diamante amostrados na Serra do Espinhaço.

NÚMERO	PROCEDÊNCIA	PESO (ct)	HÁBITO	FLUORESCÊNCIA	TIPO
DAT-01	Datas	0,04	Rombododecaedro	Azul	Ia / Ib
DAT-02	Datas	0,01	Transicional O-R	Azul esverdeada	Ib
DAT-03	Datas	0,03	Rombododecaedro	Verde	Ib
DAT-04	Datas	0,01	Rombododecaedro	Azul esverdeada	I / II
DAT-05	Datas	0,02	Rombododecaedro	Verde amarelada	II
DAT-07	Datas	0,02	Rombododecaedro	Verde amarelada	Ib
DAT-08	Datas	0,02	Transicional O-R	Azul esverdeada	Ib
DAT-09	Datas	0,02	Transicional O-R	Amarela	I / II
DAT-10	Datas	0,01	Rombododecaedro	Azul	I / II
DAT-11	Datas	0,03	Octaedro	Azul	Ib
GUI-01	Guinda, Diamantina	0,14	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ib
GUI-02	Guinda, Diamantina	0,04	Transicional R-O	Azul	II
GUI-03	Guinda, Diamantina	0,03	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ib
EXT-02	Extração, Diamantina	0,03	Transicional R-O	Azul	Ia
EXT-03	Extração, Diamantina	0,02	Octaedro	Azul esverdeada	Ia / Ib
EXT-04	Extração, Diamantina	0,05	Rombododecaedro	Verde amarelada	Ib
EXT-05	Extração, Diamantina	0,03	Geminado	Ausente	Ib
EXT-06	Extração, Diamantina	0,03	Rombododecaedro	Azul	Ib
JEA-02	Rio Jequitinhonha	0,05	Ocatedro	Amarela	Ib
JEA-03	Rio Jequitinhonha	0,04	Transicional R-O	Amarela esverdeada	Ib
JEA-04	Rio Jequitinhonha	0,03	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ia / Ib
JEA-05	Rio Jequitinhonha	0,02	Fragmento de clivagem	Violeta	I / II
JEI-03	Jequitaí	0,12	Rombododecaedro	Azul	Ib
JEI-04	Jequitaí	0,10	Geminado	Azul esverdeada	Ib
JEI-09	Jequitaí	0,07	Transicional R-O	Amarela esverdeada	Ib
JEI-10	Jequitaí	0,10	Rombododecaedro	Azul	Ib
JEI-11	Jequitaí	0,09	Rombododecaedro	Amarela	Ia
FDU-04	Buriti Grande, F.Dumont	0,14	Octaedro	Verde amarelada	Ia/Ib
FDU-05	Buriti Grande, F.Dumont	0,12	Rombododecaedro	Azul	Ib
FDU-06	Buriti Grande, F.Dumont	0,11	Transicional R-O	Azul	Ib
FDU-07	Boi Morto, F.Dumont	0,10	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ia / Ib
FDU-08	Boi Morto, F.Dumont	0,08	Octaedro	Violeta	II
GMO-03	Grão Mogol	0,02	Rombododecaedro	Rosa	Ib
GMO-04	Grão Mogol	0,03	Octaedro clivado	Amarela esverdeada	IIb
GMO-05	Grão Mogol	0,02	Octaedro	Azul	Ib
GMO-06	Grão Mogol	0,02	Octaedro	Amarela esverdeada	I / II
GMO-08	Grão Mogol	0,04	Rombododecaedro	Azul	Ia / Ib
GMO-10	Grão Mogol	0,03	Octaedro	Amarela	Ia / Ib
GMO-13	Grão Mogol	0,02	Geminado	Azul	Ib
GMO-14	Grão Mogol	0,01	Rombododecaedro	Azul	I / II
GMO-15	Grão Mogol	0,02	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ib
GMO-16	Grão Mogol	0,02	Transicional R-O	Violeta	Ib
GMO-17	Grão Mogol	0,03	Octaedro	Azul esverdeada	II
GMO-18	Grão Mogol	0,03	Octaedro	Verde amarelada	Ib
GMO-19	Grão Mogol	0,02	Rombododecaedro	Verde amarelada	I / II
GMO-20	Grão Mogol	0,02	Geminado	Azul	Ib
GMO-21	Grão Mogol	0,01	Octaedro	Branca	Ib
GMO-23	Grão Mogol	0,02	Rombododecaedro	Azul esverdeada	Ia / Ib
GMO-24	Grão Mogol	0,03	Rombododecaedro	Amarela esverdeada	Ib
GMO-25	Grão Mogol	0,03	Transicional R-O	Azul	II

Com o propósito de determinar o comportamento no infravermelho de diamantes de diversas áreas da Serra do Espinhaço, 50 cristais foram analisados na Universidade de Viena, em espectrofotômetro (*Perkin-Elmer X-1760*) com adaptação para monocristais (Tabela 37). Os cristais, límpidos e pesando entre 0,05 e 0,10 ct, foram polidos em duas faces paralelas, tomando o formato de plaquinhas com espessura variável de 0,5 até 1 mm. Os espectros foram tomados na faixa compreendida entre 1500 a 900 cm^{-1}, a qual corresponde aproximadamente ao espectro *one-phonon*, com medições a cada 4 cm^{-1} e exposições de 30 minutos para seu registro completo. Para a diferenciação básica entre os diamantes do Tipo I (com nitrogênio) dos diamantes do Tipo II (sem nitrogênio), esta faixa do espectro é suficiente, uma vez que no restante do espectro o comportamento das curvas dos tipos I e II são muito semelhantes (vide, por exemplo, Svisero *et al.* 1972). Desta maneira, apenas esta faixa foi pesquisada, conforme mostrado na Figura 44.

A freqüência dos diversos tipos estudados está representada na Tabela 38, comparada com os valores obtidos por Leite (1969) e por Svisero *et al.* (1972). Inicialmente deve-se destacar que não foi observada nenhuma relação entre os espectros infravermelhos e outros parâmetros físicos dos diamantes, tais como hábito cristalino e fluorescência. Os diamantes do Tipo I constituem a variedade mais freqüente na Serra do Espinhaço, assim como nas duas áreas comparadas. Com relação aos percentuais obtidos para os diversos tipos, porém, os dados referentes à Serra do Espinhaço diferem fortemente daqueles encontrados para as demais áreas.

No Espinhaço os diamantes do Tipo II são relativamente abundantes, com uma freqüência de 12 %, semelhante à dos tipos intermediários I-II, com 14 %. Essas variedades intermediárias apresentam um sistema de bandas irregulares e pouco intensas a partir de 1430 cm^{-1}, provavelmente devido à presença de pequenas concentrações de nitrogênio substituindo desordenadamente átomos de carbono no retículo cristalino (Svisero *et al.* 1972). Interessante observar que em um único exemplar do Tipo II onde foi tomado experimentalmente todo o espectro entre 4000 e 400 cm^{-1}, constatou-se que ele era do raro Tipo IIb, não encontrado nas demais áreas pelos citados autores. Os dados em geral apresentados pelos diamantes deste tipo mostram assim uma anomalia em relação às demais áreas e principalmente com os valores "médios" normalmente mencionados na literatura (por exemplo, Gaal 1977).

Tolansky & Komatsu (1967), estudando a transparência ao ultravioleta de 1300 microdiamantes da África do Sul, determinaram que o número de cristais transparentes, isto é, os do Tipo II, era muito maior do que se supunha até então, e que esse valor aumentava nas frações de menor diâmetro. Em cristais com diâmetro médio de 1,2 mm, 50 % eram constituídos pelo Tipo I, contra 40 % dos tipos intermediários I-II e 10 % do Tipo II.

Analisando cristais menores, com diâmetro de 0,8 mm, a freqüência dos cristais do Tipo II aumentou para cerca de 17 %, enquanto os do Tipo I diminuiu para 27 %. Assim sendo, esses autores concluíram que a maioria dos diamantes são constituídos pelo Tipo II nos estágios iniciais de formação, porém, à medida que progride o crescimento do cristal, o gérmen incorpora progressivamente impurezas do meio e se transforma no Tipo I. Esses dados estão de acordo com os verificados para a Serra do Espinhaço, onde grande parte dos exemplares analisados pesavam menos que 0,05 ct (Tabela 37), ou seja, eram inferiores a 1 mm de diâmetro.

Contudo, as feições mais marcantes quanto ao comportamento no espectro infravermelho dos diamantes do Espinhaço é a presença extremamente alta de diamantes do Tipo Ib (54 %), os quais contém átomos substitucionais simples e dispersos de nitrogênio e são considerados uma variedade muito rara entre os diamantes naturais (Dyer *et al.* 1965), assim como uma presença pouco significante de cristais do Tipo Ia (4 %), contendo nitrogênio na forma de agregados. Esses dados, apesar de significativos, necessitam de estudos complementares envolvendo um número maior de amostras. A Figura 44 ilustra o espectrograma típico de um cristal do Tipo I, em comparação com um espécime pertencente ao Tipo II, em diamantes da Serra do Espinhaço.

Tabela 38: Freqüência dos principais tipos espectrográficos em diamantes da Serra do Espinhaço, baseada no comportamento ao infravermelho (valores em percentagem). Dados referentes ao Triângulo Mineiro (MG) e ao Alto Araguaia (MT), segundo Leite (1969) e Svisero *et al.* (1972), respectivamente.

TIPO ESPECTROGRÁFICO LOCAL (nº amostras)	Ia	Ib	Ia-Ib	I-II	II
Serra do Espinhaço (50)	4	54	16	14	12
Triângulo Mineiro (39)	26	15	28	13	5
Alto Araguaia (82)	34	5	46	9	6

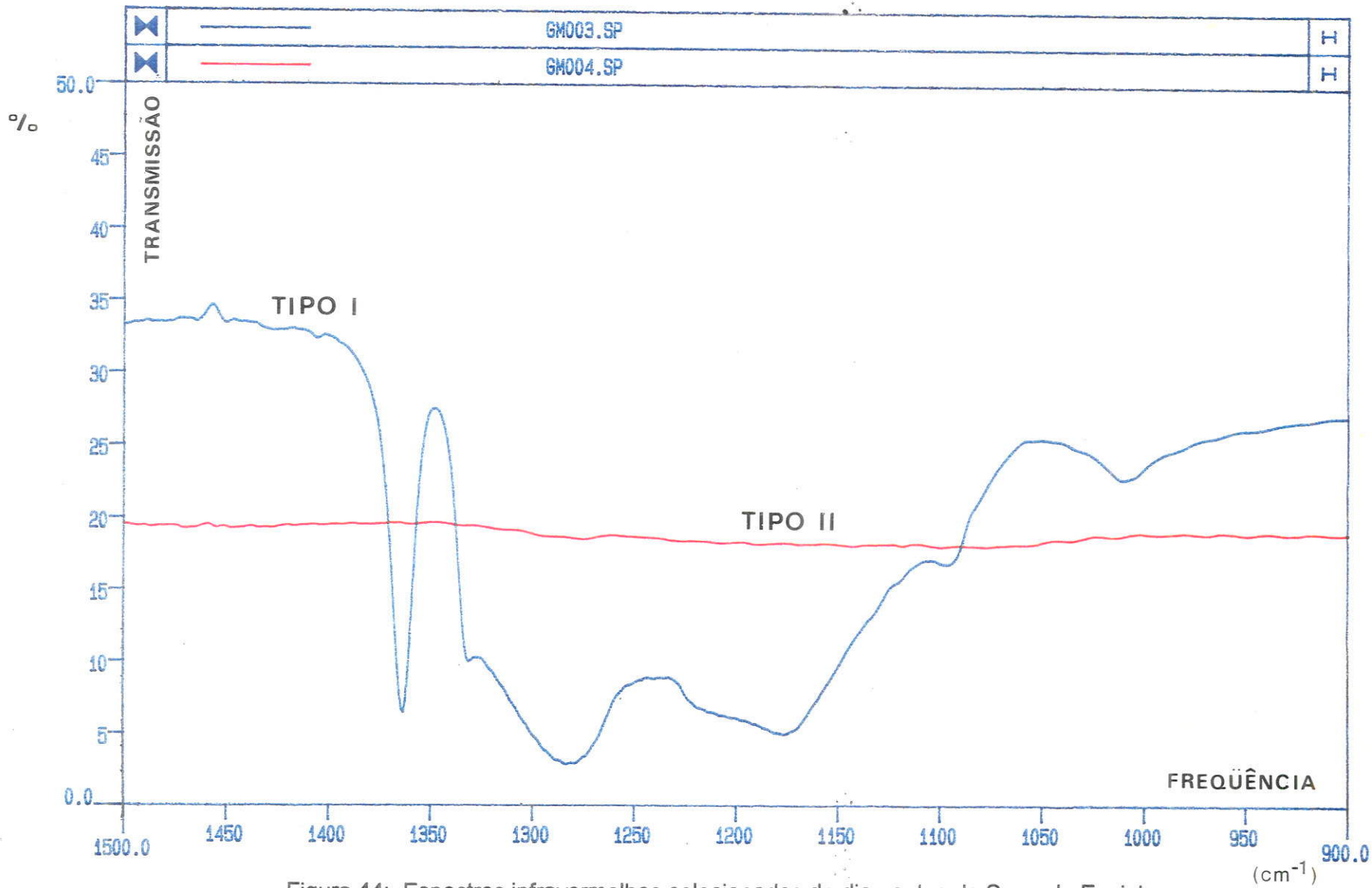


Figura 44: Espectros infravermelhos selecionados de diamantes da Serra do Espinhaço.

8.8. INCLUSÕES

Diversos pesquisadores têm destacado ultimamente a importância das inclusões minerais presentes nos diamantes. O assunto, abordado na literatura científica desde o século dezessete, ganhou novos rumos a partir do final da década dos 60, quando o estudo das inclusões do diamante tornou-se um dos principais meios para o conhecimento da própria gênese do mineral, além de permitir o "acesso" a fases minerais formadas sob as condições termodinâmicas presentes no manto superior do planeta (Meyer 1985). Como esta região, situada aproximadamente entre 30 e 400 km de profundidade, é inacessível a uma amostragem direta, as inclusões constituem assim a maneira mais fácil de conseguir dados a seu respeito, sendo uma das razões que levaram os cientistas a aprimorarem o conhecimento sobre o diamante. Além disso, em termos práticos, a identificação das inclusões permite separar diamantes naturais de diamantes sintéticos e de outros materiais usados para imitar ou substituir esta gema, como a zircônia cúbica.

As inclusões minerais presentes nos diamantes da Serra do Espinhaço foram reconhecidas apenas em relação as suas propriedades físicas. A composição química das mesmas não foi abrangida, por dificuldades analíticas, e principalmente por fugir ao escopo central do trabalho. O interesse pelo quimismo das inclusões minerais, conforme anteriormente destacado, liga-se estreitamente aos processos termodinâmicos de evolução do manto superior. A classificação das inclusões, por métodos ópticos, baseou-se assim principalmente nas cores e hábitos característicos dos minerais mais frequentes encontrados nos estudos efetuados em outras regiões diamantíferas do mundo (Tabela 39).

Tabela 39: Principais inclusões minerais encontradas em diamantes naturais, segundo o critério de classificação pelas cores (os minerais secundários em importância estão entre parêntesis).

COR CARACTERÍSTICA	MINERAIS
Incolor	Olivina (Enstatita, Coesita)
Verde	Diopsídio (Onfacita)
Vermelho	Cr-piropo (Coríndon)
Laranja	Piropo-almandina
Marrom avermelhado	Cromita (Rutilo)
Preto	Sulfetos, Ilmenita, Grafita

Preliminarmente às discussões sobre as inclusões minerais presentes nos diamantes da Serra do Espinhaço, deve-se ressaltar a terminologia utilizada pelos diamantários da região de Diamantina para classificar as inclusões mais características, consideradas de três tipos: "carvões" "jaças" e "bolhas". Apesar de serem termos puramente comerciais, é necessário que se conheça o seu significado, pois eles na realidade refletem com clareza os tipos e a freqüência das inclusões mais comuns que ocorrem nos diamantes do Espinhaço.

Os "carvões" são manchas escuras que, em termos mineralógicos, podem ter duas origens distintas: elas tanto podem ser produzidas por um defeito estrutural do cristal, como por exemplo uma clivagem interna, quanto pela presença de um corpo estranho de coloração escura (uma inclusão mineral "verdadeira"). Carvões resultantes de clivagens internas constituem regiões planas e escuras, enegrecidas nas partes centrais, que resultam de descontinuidades estruturais. Como a clivagem do diamante é octaédrica, os carvões produzidos por defeitos estruturais possuem direções octaédricas. Em várias situações, observou-se que duas ou mais direções desse tipo se interceptam no interior do cristal, originando formas diversas.

Observando-se com detalhe sob lupa binocular um cristal com diversos carvões, pode-se perceber que a região escura correspondente a esta feição se modifica de cor à medida que a posição do cristal é alterada, podendo em alguns casos até desaparecer. A cor escura é originada pela reflexão total da luz incidente no cristal. Ao passar do diamante cujo índice de refração é 2,42 para uma região de defeito onde existe vácuo e possui índice de refração de 1, a luz sofre reflexão total originando manchas escuras de formas variáveis em dependência com a extensão da clivagem. As "jaças" também são produzidas por clivagens internas, mas mostram-se isentas de uma coloração escura. Conforme mostrado por Svisero *et al.* (1987) existe uma gradação completa de cor desde os carvões até as jaças.

De outra maneira, as manchas escuras (carvões) podem também ser produzidas por minerais pretos ou cinzentos, neste caso constituindo inclusões minerais verdadeiras. Os minerais opacos encontrados dentro do diamante são ilmenita, grafita e sulfetos (Tabela 39). A ilmenita apresenta-se normalmente na forma prismática ou globular, enquanto a grafita e os sulfetos constituem em geral películas finas orientadas ao longo dos planos octaédricos. Os carvões produzidos por minerais escuros possuem dimensões relativamente menores que os originados por defeitos cristalinos, constituindo portanto um elemento de distinção visual entre eles. Além disso deve ser observado que os carvões relacionados a inclusões minerais possuem formas geométricas definidas, ao contrário das clivagens internas que são irregulares e/ou descontínuas. Os garimpeiros utilizam também o termo "urubu" como um sinônimo de carvão.

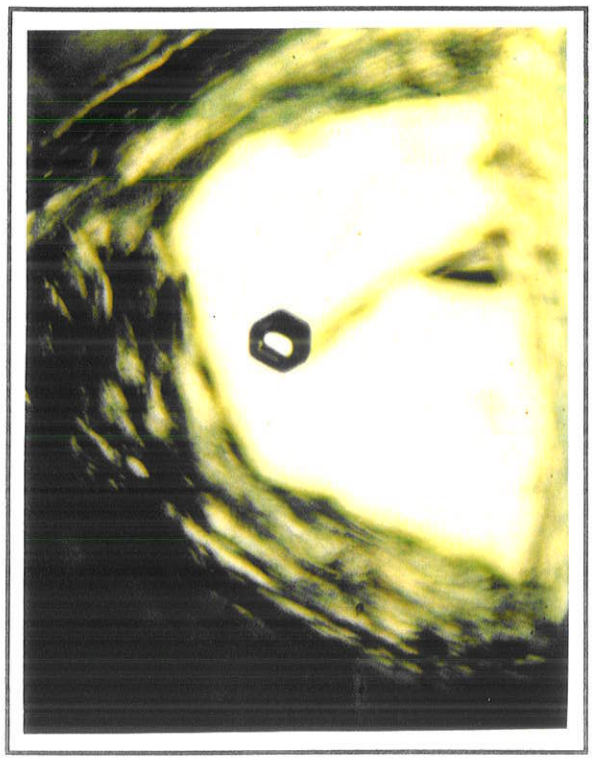
A "bolha" é uma outra designação bastante difundida entre os diamantários em geral, também correspondendo a inclusões minerais, só que transparentes. Dependendo das suas dimensões e posição, as bolhas podem dificultar a lapidação do cristal, causando freqüentemente a fragmentação do mesmo. Essas inclusões possuem colorações características conforme a espécie mineral presente. Assim sendo, olivina, enstatita e coesita são incolores; as granadas podem ser vermelhas (piropo) ou alaranjadas (piropo-almandina); diopsídio e onfacita são verdes; espinélio e rutilo apresentam coloração castanha avermelhada, etc. (Tabela 39). A determinação segura porém, destas e de outras inclusões só é possível, por meio de análises de raios X e/ou microssonda eletrônica.

Poucos estudos existem sobre as inclusões minerais em diamantes do Espinhaço. Guimarães (1934,1965) mencionou a presença comum de inclusões de quartzo nos diamantes de Diamantina, atualmente consideradas como inclusões epigenéticas, onde o quartzo aparece preenchendo microfraturas no cristal hospedeiro (Meyer & Svisero 1975). Posteriormente, em diamantes do Rio Jequitinhonha, foram determinados com microssonda eletrônica cromo-espinélio, enstatita e forsterita (Svisero 1978). Haralyi *et al.* (1991) descrevem a presença comum de olivinas e granadas inclusas nesses diamantes, sem contudo especificar o método de identificação.

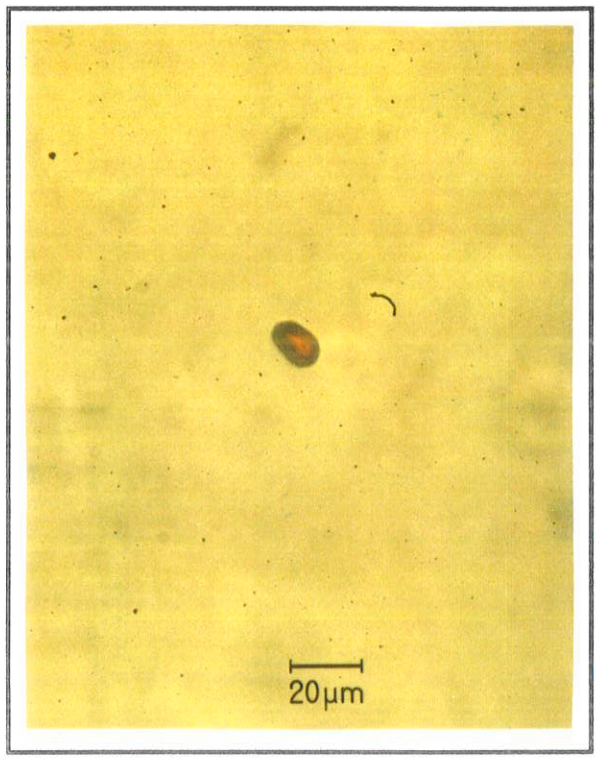
A Tabela 40 mostra os dados sobre a presença de inclusões em geral, nos diamantes das diversas áreas estudadas, observados com lupa gemológica de 10 aumentos. Esses dados revelam que a maioria dos cristais são destituídos de inclusões, sendo o percentual desses diamantes "limpos" sempre superior a 60 %. A classe designada "diamantes opacos" inclui os exemplares onde não é possível observar a presença de inclusões, tais como nos cristais cúbicos e também nas variedades policristalinas (*ballas*, carbonados e alguns *borts*).

Os dados apresentados demonstram que entre as inclusões presentes, mais que 95 % podem ser consideradas como "carvões" ou "urubus". O estudo dessas inclusões no microscópio óptico revelou que cerca de 80 % dos cristais com essa feição possuem características que permitem classificá-los como fraturas internas enegrecidas. Portanto, estudos adicionais são ainda necessários para esclarecer a composição química dos demais "carvões" que constituem inclusões minerais. Outras inclusões minerais presentes, observadas pelo mesmo método, incluem prováveis olivinas (Fotomicrografia 2-A) e granadas (Fotomicrografia 2-B). Os carvões são mostrados nas Fotomicrografias 2-C e 2-D, sendo que na primeira observa-se uma inclusão mineral, apresentando hábito cristalino (provavelmente um sulfeto), enquanto na segunda as manchas escuras correspondem a fraturas internas enegrecidas presentes no interior do cristal.

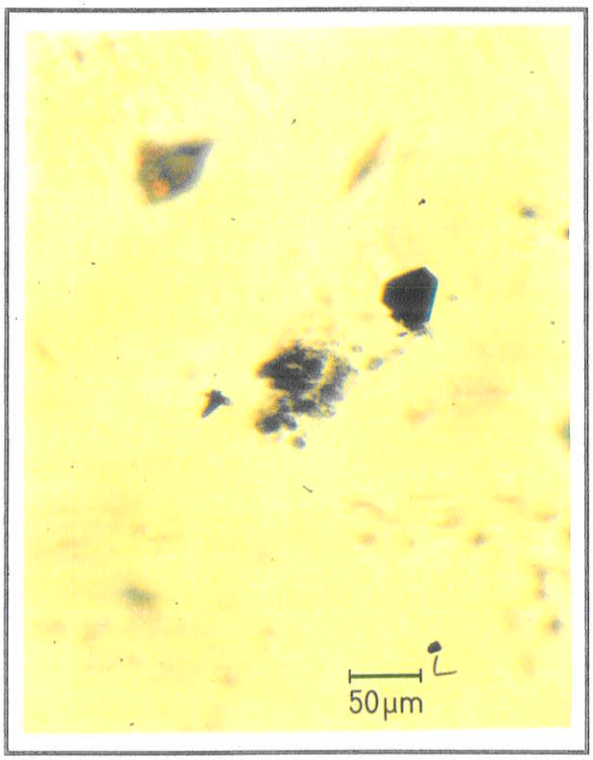
(A)



(B)



(C)



(D)

Fotomicrografias 2-A, 2-B, 2-C, 2-D: Algumas inclusões observadas em diamantes da região da Serra do Espinhaço (amostras procedentes da região de Diamantina). (A) Olivina, (B) Granada, (C) Sulfeto - pirrotita? ("carvão"), (D) Manchas escuras ("carvão").

Tabela 40: Freqüência da presença de inclusões, não discriminadas, em diamantes da Serra do Espinhaço (dados de % em relação ao número de cristais examinados).

ÁREA / INCLUSÕES	DATAS (597)	R.JEQUITINHONHA (1254)	GRÃO MOGOL (768)	JEQUITAÍ (408)
Sem inclusões	68,17	78,63	60,42	77,21
Visíveis com lupa 10X	18,76	11,32	20,57	16,91
Visíveis a olho-nú	13,06	9,89	18,36	5,88
Cristais opacos	-	0,16	0,65	-

8.9. CAPAS VERDES E MARROM

8.9.1. Características gerais

Cristais de diamante mostrando uma coloração verde são bastante comuns, inclusive nos depósitos brasileiros. Mineralogicamente a coloração pode ser verdadeira, isto é, o cristal inteiro a possui, ou então ela é ocasionada pela existência de um capeamento verde (*green coated diamond*), que pode se apresentar de três maneiras distintas (Vance *et al.* 1973, Orlov 1973):

(i) capas verdes opacas, grossas e de variada espessura (geralmente em cristais cúbicos zonados);

(ii) capas verdes densas, translúcidas, com cerca de 20 μ de espessuras;

(iii) pontos ou manchas verdes transparentes, também com espessuras em torno de 20 μ.

Diamantes de coloração verde autêntica são raríssimos na natureza e o exemplo clássico deste caso é o "Dresden", com 41 ct depois de lapidado, originário da histórica região de Golconda, Índia. Os diamantes de capa verde opaca, descritos como da "variedade-IV" por Orlov (1973), apresentam um zoneamento interno onde são reconhecidas três faixas com absorções típicas no infravermelho, porém nunca foram descritos no Brasil.

Os diamantes com capas verdes translúcida e transparente são largamente comercializados na região de Diamantina (Minas Gerais), onde representam cerca de 50 % da

produção local e constituem a principal "fonte" de diamantes deste tipo no Brasil. A capa, ou casca verde como muitas vezes é conhecida comercialmente, desaparece no polimento durante a lapidação, confirmando que representa apenas uma película ínfima que pouco prejudica no valor comercial das pedras. O mesmo ocorre quando o diamante mostra uma capa de coloração marrom clara ou amarelo "palha", que são muito mais raras do que as capas verdes (Fotomicrografias 3 A-D).

De acordo com vários autores, a presença da capa verde em diamantes de kimberlitos africanos é devida a irradiação natural dos cristais por partículas-α, emitidas por minerais (ou soluções) com tório e/ou urânio (Vance *et al.* 1973, Harris *et al.* 1975). Orlov (1973), porém, contestou essa hipótese, preferindo atribuir a coloração verde a certos elementos cromóforos na parte mais externa dos cristais. Haralyi & Rodrigues (1992), em uma breve nota consideraram que o alto percentual de capas verdes na Mina do Campo Sampaio (Distrito de Diamantina) era devido à presença de monazita no conglomerado da Formação Sopa Brumadinho, estando de acordo com Raal (1969), que descreveu diamantes com esta característica no conglomerado auro-uranífero de Witwatersrand (África do Sul).

A partir da constatação durante os trabalhos de campo, de que a freqüência de diamantes com capas variava fortemente de uma área diamantífera para outra, foi efetuada uma amostragem nos principais distritos do Espinhaço e ainda na região de Coromandel, objetivando determinar a freqüência da distribuição de diamantes com esta característica e, em associação com informações geológicas complementares, as possíveis causas do percentual relativo de cristais assim tingidos. Na hipótese sugerida por Haralyi & Rodrigues (1992), as capas verdes na Mina do Campo Sampaio eram devidas a presença de monazita, e que a presença deste mineral era indicada por uma anomalia cintilométrica do depósito diamantífero. Com o objetivo de testar esta hipótese, em todas as localidades onde houve amostragem dos diamantes, foram estudados também os minerais pesados (procurando além da monazita a presença de outros possíveis minerais radioativos) e verificados os índices cintilométricos do(s) depósito(s) lavrado(s), visando comparações com a freqüência de diamantes com capa.

No Distrito de Diamantina, foram selecionadas três áreas para a condução desta pesquisa, em combinação com o estudo de outras características dos diamantes: (1) a Mina do Campo Sampaio, a oeste de São João da Chapada, (2) os garimpos situados nos arredores da cidade de Datas e, (3) os depósitos aluvionares do Rio Jequitinhonha. Nas outras áreas diamantíferas do Espinhaço, Grão Mogol e Jequitaí, a freqüência da presença das capas foi também verificada.

Na Província Diamantífera do Alto Paranaíba, a principal região produtora de diamantes é centralizada pela cidade de Coromandel, sendo que outras áreas menores

situam-se ao redor de Romaria e Estrela do Sul. Na atualidade toda a produção é proveniente de garimpos ou pequenas lavras em depósitos coluvionares e aluvionares recentes, localizados principalmente em afluentes do Rio Paranaíba, como nos rios Santo Antônio do Bonito, Santo Inácio e Douradinho. As características mineralógicas do diamante desta região foram estudadas por Leite (1969), o qual, no entanto, não se referiu a cristais com capas verdes. Desta maneira, lotes de diamantes foram examinados em Coromandel visando especificamente a determinação de espécimes com esta característica.

8.9.2. Freqüência nos depósitos x minerais pesados e cintilometria

O presente estudo considerou a existência de dois tipos principais de capeamento verde nos cristais de diamante: (1) denso, cobrindo em manchas, parcial até totalmente, a superfície do cristal, sendo facilmente perceptível à vista desarmada e (2) transparente, quando o cristal apresenta uma coloração verde tênue que, sob observação na lupa de 10 aumentos, percebe-se que esta é devida a pontos apresentando um núcleo verde mais intenso rodeado por uma nuvem de pontos ainda menores. A freqüência dos diamantes com capa, assim como os minerais pesados presentes nos depósitos, variaram fortemente nas localidades estudadas. Na Tabela 41, mostra-se os percentuais das capas verdes e marrom na áreas diamantíferas enfocadas, cujos dados obtidos serão a seguir comparados com a mineralogia e a cintilometria dos depósitos. No âmbito da Serra do Espinhaço, esses dados são apresentados ilustrativamente na Figura 45.

Campo Sampaio

Um lote de 525 cristais totalizando 375,6 ct, procedente da mina do Campo Sampaio, foi estudado graças à cortesia do então proprietário da concessão de lavra (1986), Sr. Victor Siao. Neste local a mineralização ocorre associada a conglomerados e brechas da Formação Sopa Brumadinho, que variam em espessura de 3 a 8 metros. A maior parte do diamante do Campo Sampaio apresenta um capeamento verde, muitas vezes intenso, o que tem sido descrito desde Derby (1879). Desta maneira, cerca de 90 % das amostras examinadas mostraram esta característica, entre as capas verdes transparente (14,8 %) e densa (74,7 %). Nos concentrados de minerais pesados dos conglomerados, verifica-se a presença comum de monazita e zircão associados com o diamante, levando Haralyi & Rodrigues (1992) a relacionarem a capa verde ao bombardeio radioativo a partir do primeiro mineral, após mostrarem que naquelas rochas o índice cintilométrico (60-80 cps) era maior

que nas suas encaixantes (30 cps). O estudo efetuado com cintilômetro confirmou esta variação, sendo que no nível conglomerático o índice alcançou até 120 cps.

Datas

Nesta localidade, aqui descrita como um exemplo clássico em que os diamantes estão relacionados ao Conglomerado Sopa (Vide 4.2.1.4), a garimpagem ocorre tanto nos vários corpos desta rocha situados logo a leste da cidade, quanto em coluviões e aluviões próximos. Diversos pequenos lotes estudados ao longo de 1995, de comerciantes locais, permitiram obter um perfil quanto as principais características dos diamantes desta área. Das 597 pedras examinadas (208 ct), cerca de 40 % apresentaram um capeamento verde, sendo que apareceram ainda alguns poucos diamantes com capa marrom clara. O estudo da cintilometria dos conglomerados mostrou valores entre 30-50 cps e, entre os pesados, foi observada a presença rara de monazita, porém abundante de zircão.

Rio Jequitinhonha

De um lote contendo 6931 diamantes (1398,5 ct), extraído da área aluvionar dragada pela Mineração Rio Novo, 1254 cristais foram estudados em seus escritórios com a colaboração do Dr. Ronald Fleischer, geólogo-chefe da empresa. Os dados obtidos são ligeiramente inferiores aos da área de Datas, apresentando cerca de 36 % de diamantes com capas verdes. Capas marrons são raríssimas no Rio Jequitinhonha (<1 %). Devido às próprias características do depósito mineralizado, não foi possível a determinação dos índices cintilométricos e os minerais radioativos, se presentes, estão muito diluídos. O Rio Jequitinhonha constitui um escoadouro natural das águas dos depósitos serranos, e assim os percentuais verificados (em torno de 36 %) representam provavelmente uma possível mistura de cristais provenientes de várias localidades.

Grão Mogol

Nesta região do Espinhaço Central, os diamantes são lavrados de delgadas lentes conglomeráticas de matriz arenosa encaixadas nos quartzitos proterozóicos da Formação Grão Mogol, ou de coluviões e aluviões derivados. Os 768 cristais de diamantes estudados (84,48 ct), obtidos de comerciantes e garimpeiros, representam bastante satisfatoriamente a reduzida produção local. Da mesma maneira que nas áreas de Datas e do Rio Jequitinhonha, um percentual expressivo de cristais apresenta capeamento verde (26 %), sendo que as capas marrons são tão raras como no Espinhaço Meridional (0,78 %). Os

índices cintilométricos verificados nas lentes conglomeráticas são muito baixos, da ordem de 25-30 cps. Além disso, entre os minerais pesados não foi observada a presença de monazita, embora zircão apareça em reduzida quantidade.

Jequitaí

Diamantes ocorrem nesta área devido a processos de reconcentração a partir de sua fonte secundária, os conglomerados cretácicos do Membro Abaeté, Formação Areado, os quais afloram reliquiarmente nas porções altas da Serra do Cabral (Karfunkel & Chaves 1995). Foram examinados 408 cristais (171,4 ct), que mostraram uma proporção anômala de diamantes com capas de cores marrom clara e amarelo-palha (9,3 %), em relação aos diamantes com capa verde (4,6 %). O estudo cintilométrico dos horizontes conglomeráticos, que no local apresentam matriz arenosa média/grossa, indicou valores entre 35-40 cps. Entre os minerais pesados, raríssimos nesses conglomerados, notou-se apenas a presença do zircão.

Coromandel

A geologia da região diamantífera do Alto Paranaíba é caracterizada pela presença de inúmeros *pipes* intrusivos, de natureza ultrabásica, incluindo kimberlitos e kamafugitos, a grande maioria deles porém estéreis ou com teores muito baixos para serem considerados de importância econômica (Svisero *et al.* 1979). A presença de capas verdes é totalmente desigual em relação aos números verificados no Espinhaço, não atingindo 1 % dos 352 cristais estudados (287,2 ct) em Coromandel e em garimpos do Rio Santo Antônio do Bonito. O estudo dos minerais pesados presentes na matriz argilosa dos conglomerados da área, que são atribuídos ao Cretáceo Superior e considerados a fonte espalhadora dos diamantes da região (Barbosa *et al.* 1970), não revelou a presença de monazita, mas o zircão é abundante. Os índices cintilométricos foram relativamente tão "altos" como no Espinhaço (100-120 cps).

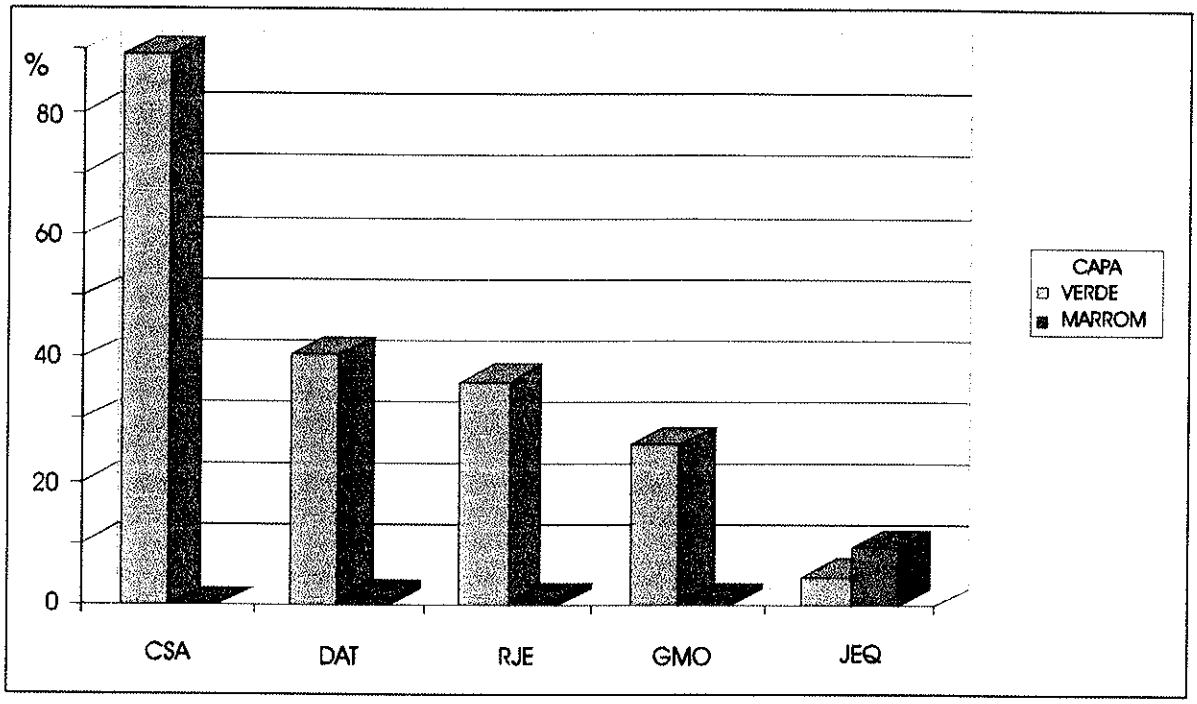
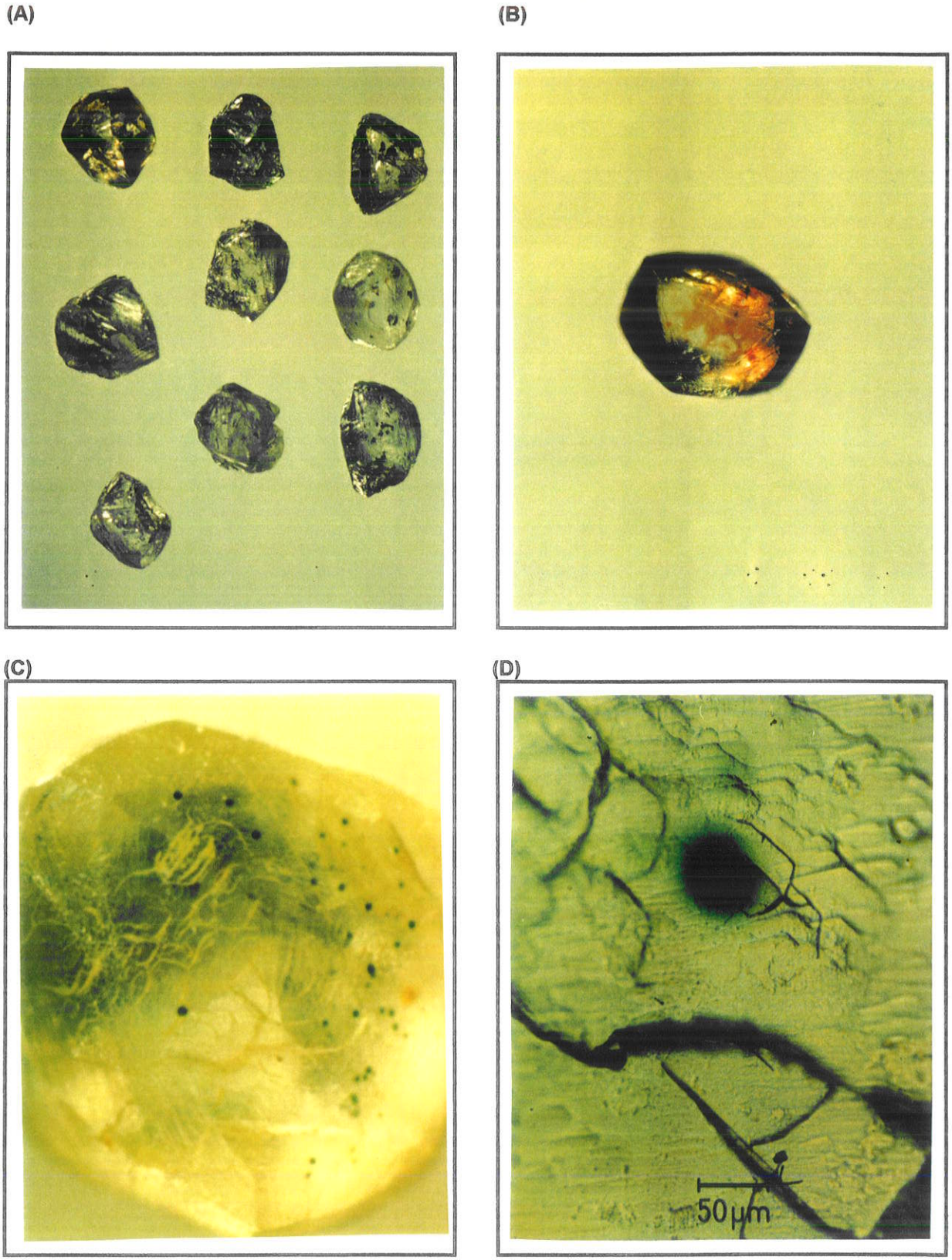


Figura 45: Comparação entre as freqüências de capas verdes e marrom nos diamantes das diversas áreas estudadas da Serra do Espinhaço (dados em percentagem). Localidades: CSA = Campo Sampaio, RJE = Rio Jequitinhonha, GMO = Grão Mogol, JEQ = Jequitaí.

8.9.3. Discussão sobre a distribuição dos diamantes encapados

Os dados fornecidos na Tabela 38 evidenciam a existência de um nítido controle geográfico e, consequentemente, da geologia das áreas, com a freqüência dos diamantes de capa verde. Na principal localidade onde ocorre este tipo de diamante, a Mina do Campo Sampaio, um percentual de cerca de 90 % de cristais tingidos incluindo a maior parte de capas densas, parece indicar que a coloração foi adquirida no próprio depósito secundário. As presenças comuns de monazita e zircão entre os minerais pesados, são evidências a favor da irradiação *in situ* e as terras raras determinadas nos diamantes com capas verdes (ver discussões nos próximos itens), parecem corroborar com esta hipótese.

No Rio Jequitinhonha, o transporte fluvial de algumas dezenas de quilômetros desde a área fonte na serra e a conseqüente diminuição do percentual de capas verdes para cerca de 36 % (a maioria composta de capas transparentes), é indício de uma provável mistura com diamantes provenientes de diversas localidades, onde ocorreriam menores volumes de pedras tingidas.



Fotomicrografias 3-A, 3-B, 3-C, 3-D: Diamantes com capa da região da Serra do Espinhaço. (A) Cristais com capa verde de diversas intensidades (Diamantina, peso médio = 0,50 ct), (B) Cristal apresentando capa marrom (Jequitaí, peso=0,72 ct), (C) Pontos verdes na superfície do cristal (Datas, peso=0,64 ct), (D) Detalhe do cristal anterior, destacando o ponto verde.

Em relação a este último caso, um exemplo típico é o Campo de Datas, que apresentou em torno de 40 % de diamantes com capas verdes. No estudo do concentrado de minerais pesados recolhidos em uma das minas da região (Datas de Cima), foi constatada a presença (pouco abundante) de monazita na matriz do conglomerado diamantífero, apesar de zircão aparecer em volume semelhante ao verificado em Campo Sampaio. Como a presença de elementos radioativos é muito inferior no zircão em relação à monazita, talvez assim se explique a diminuição do volume da população de cristais atingidos pela radiação.

No Distrito de Grão Mogol, o corpo de conglomerado conhecido como "Pedra Rica", a nordeste da cidade homônima, foi estudado para seus minerais pesados (conforme detalhado no Capítulo 7 - Minerais Pesados). Nesta localidade, uma parcela significativa de diamantes possui capeamento verde (±26 %), porém a monazita não foi determinada e os zircões são raros, indicando assim que esses minerais não são os únicos responsáveis pelo capeamento verde.

Em relação aos conglomerados diamantíferos do Cretáceo da região do Alto Paranaíba, o estudo da mineralogia de seus pesados não revelou a presença de monazita, embora os zircões sejam comuns. A freqüência muito reduzida de diamantes com capas verdes nesta região (< 1 %) é um assunto que precisa ser ainda melhor explicado.

8.9.4. Procedimentos experimentais

Com o intuito de conhecer o comportamento à radioatividade de diamantes do Espinhaço, de variados hábitos, colorações e possuindo ou não capas verdes/marrom, em um estudo preliminar cinco cristais procedentes de Grão Mogol foram irradiados com nêutrons, no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte. As principais características dos cristais irradiados são mostradas na Tabela 42. De início, experimentalmente, os espécimes foram irradiados por alguns minutos, visando a detecção de nuclídeos com meias-vidas curtas, não se observando nenhuma anomalia. Em seguida, procurando nuclídeos com meias-vidas longas, o mesmo material foi irradiado por 4 horas. A análise do espectrograma permitiu a detecção dos seguintes isótopos radioativos:

- ^{141}Ce, de energia γ = 145,4 kev ;
- ^{46}Sc, de energias γ = 889,4 e 1120,3 kev;
- ^{152}Eu, de energias γ = 121, 244 e 344 kev.

Tabela 41: Freqüência de diamantes apresentando capas verdes e marrom nas diversas áreas da Serra do Espinhaço, e dados comparativos com a região de Coromandel.

REGIÃO/LOCALIDADE (n° de cristais estudados)		CAPAS VERDES (%)			CAPA MARROM (%)	SEM CAPA (%)
		Transparente	Densa	Total		
ESPINHAÇO	Campo Sampaio (525)	14,82	74,30	89,12	-	10,92
	Datas (597)	33,55	7,01	40,56	1,00	58,43
	Rio Jequitinhonha (1254)	28,71	7,49	36,20	0,48	63,32
	Grão Mogol (768)	20,31	5,73	26,04	0,78	73,18
	Jequitaí (408)	4,41	0,24	4,65	9,31	86,03
ALTO PARANAÍBA	Coromandel (352)	0,57	-	0,57	-	99,43

Todos os diamantes tornaram-se verdes, com tonalidade e intensidade semelhantes após o procedimento, não ocorrendo mudanças nas cores e intensidades da fluorecência. Para saber se a coloração abrangeu os cristais inteiros ou apenas suas zonas mais externas, dois deles (GMO-CP-02/05) foram seccionados diametralmente segundo o plano (110). Desta maneira, observou-se que ambas as amostras tornaram-se totalmente verdes. Uma das metades da amostra GMO-CP-02, foi ainda polida para biselar uma pequena "ponta" que restou do serramento imperfeito e o fragmento inteiro retornou à sua coloração original (incolor). Como o disco de polimento atinge altas temperaturas, este aquecimento pode ser admitido como a razão do retorno do mineral à sua antiga cor. A outra metade do cristal foi posteriormente aquecida em uma mufla elétrica que determinou a mudança de coloração na faixa de 450-500°C.

Uma vez demonstrado que o método de ativação com nêutrons mostrou-se útil na determinação de elementos-traço nos diamantes, as mesmas amostras foram novamente irradiadas, uma a uma, para equacionar o problema surgido: os elementos detectados estariam em todas as amostras ou em alguma(s) em particular? Após o novo

procedimento experimental (tempo de contagem = 12000 segundos), caracterizou-se a presença de escândio em uma amostra (GMO-CP-02) e de cério, európio e escândio em outras duas (GMO-CP-03/04) (Tabela 42).

Os resultados experimentais indicaram que apenas as três amostras que apresentavam algum capeamento verde original mostraram a existência dos elementos citados, ou seja, provavelmente os nuclídeos estão presentes na parte externa dos cristais. A coloração verde no cristal inteiro após a irradiação com nêutrons tem sido descrita anteriormente por vários autores, porém não é ainda bem explicada (por exemplo, Lenzen 1973, Collins 1982). Interessante também observar que nenhuma das cinco amostras ficou radioativa após os procedimentos, apresentando no exame com o detector *Geiger-Müller* apenas o dobro da radiação de fundo do ambiente.

O sucesso obtido experimentalmente indicando que parecia haver um relacionamento entre os diamantes com capa verde e a presença de certos elementos químicos, determinou a realização de uma nova bateria de análises, desta vez com um número maior de amostras e de todas as zonas diamantíferas estudadas. Desta maneira, foram irradiados 25 cristais de diamantes, incluindo os três anteriormente analisados que apresentaram os citados elementos-traço. O estudo desta vez incluiu ainda cristais com capa marrom, além de um carbonado (Tabela 43). Os novos dados confirmaram, quase plenamente, o mencionado relacionamento entre as capas com certos elementos químicos (o escândio e as terras raras principalmente).

8.9.5. Origem dos diamantes encapados

Existem duas principais hipóteses sobre a formação das capas verdes (não se conhecem dados sobre as capas marrons):

A primeira considera que a pigmentação verde resultou da ação da radioatividade natural no próprio depósito (Meyer *et al.* 1965, Vance *et al.* 1973), tendo uma série de evidências a favor. Em destaque, o fato de que todos os diamantes recuperados no conglomerado uranífero de Witwatersrand apresentam esta característica (Raal 1969). A ocorrência de diamantes com capa verde é característica principalmente de áreas onde se conhecem fontes secundárias metamorfizadas (Urais, Costa do Marfim, Witwatersrand, Espinhaço, etc.), que poderiam possuir minerais radioativos provenientes de outras rochas que não kimberlíticas.

Orlov (1973), porém, ressaltou que existem diversos *pipes* com uma quantidade razoável de cristais tingidos, apesar das rochas kimberlíticas serem pobres em minerais radioativos. Considerou ainda difícil que a radiação natural permitisse ocasionar uma

coloração manchada na forma de pontos circulares, preferindo então explicar a pigmentação verde pela existência de certos elementos cromóforos nas zonas mais externas dos cristais. Esses elementos, tais como Ni, Cu, Mn, Cr e Terras Raras (demonstrados experimentalmente) poderiam se concentrar em centros de defeitos estruturais, explicando assim sua posição localizada. A origem desses elementos, por sua vez, estaria relacionada ao "autometamorfismo" ocorrido dentro do próprio kimberlito durante a sua ascenção para níveis crustais (Orlov 1973).

A presença de diamantes com capa nos depósitos brasileiros é ainda um assunto aberto a estudos, e a pesquisa efetuada demonstrou que a capa verde é muito característica dos jazimentos do Espinhaço. Em outras zonas diamantíferas de Minas Gerais, como no Alto Paranaíba, são raríssimos os diamantes com qualquer tipo de capa. O exame rápido de lotes provenientes da área de Lençóis (Chapada Diamantina, Espinhaço Baiano) revelou um alto percentual de capas azuis "metálicas" (≅30 %). Este fato, aliado à constatação das capas marrom e amarela em Jequitaí, parecem demonstrar que o capeamento é uma marca dos diamantes do Espinhaço e que a hipótese proposta por Haralyi & Rodrigues (1992) parece ser, *a priori*, a mais aceitável para a questão.

Ao contrário do proposto por esses autores, porém, observou-se que o índice cintilométrico não indica se o nível mineralizado é mais ou menos radioativo, pois a faixa de valores encontrados (30-120 cps) não chega a constituir uma anomalia (IAEA 1979). Neste caso, constatou-se que quando a matriz do conglomerado é argilosa ou sericítica, os valores mostram-se mais altos (80-120 cps) que nos casos onde ela é arenosa (30-60 cps).

Tabela 42: Principais características dos cristais de diamante inicialmente irradiados com nêutrons e elementos detectados.

AMOSTRA	PESO (ct)	HÁBITO	COR/ TONALIDADE	FLUORES-CÊNCIA	CAPA	ELEMENTO DETECTADO
GMO-CP-01	0,27	Geminado de octaedro	Incolor amarelada	Azul (média)	Ausente	Nenhum
GMO-CP-02	0,27	Octaedro	Incolor esverdeada	Azul (média)	Verde transparente	Sc
GMO-CP-03	0,32	*Ballas*	Incolor esverdeada	Lilás (fraca)	Verde transparente	Ce, Eu, Sc
GMO-CP-04	0,10	Transição dod./octaedro	Incolor esverdeada	Lilás (fraca)	Verde densa	Ce, Eu, Sc
GMO-CP-05	0,15	Transição octaedro/dod.	Incolor	Azul (média)	Ausente	Nenhum

As análises efetuadas (Tabelas 42 e 43), evidenciaram que a maioria dos diamantes com algum tipo de coloração verde externa (*green coated diamonds*) apresentaram elementos traços como impurezas, indicando nitidamente o relacionamento entre ambos. Nos dois cristais analisados que apresentavam capa marrom também foram detectados certos elementos químicos. Porém, a radioatividade natural do meio como fator de coloração dos cristais não pode ser desconsiderada, uma vez que nos conglomerados Sopa ocorrem sempre minerais que contêm elementos radioativos. O exemplo clássico deste fato é a monazita abundante associada aos conglomerados do Campo de São João da Chapada (Distrito de Diamantina), onde sem dúvida estão os mais ricos depósitos de diamantes com capas verdes conhecidos no Brasil. Assim sendo, nos parece que uma associação entre os dois fatores é a melhor explicação para a origem da pigmentação. A contribuição relativa de cada um desses fatores para a presença e/ou intensidade das capas, porém, é um assunto que deve ser ainda melhor pesquisado.

Vance *et al.* (1973) ressaltaram que o volume de minerais radioativos presentes no depósito não é o principal fator determinante da presença ou intensidade das capas verdes. Estes autores mostraram que o mais importante é o tempo de exposição do diamante no meio "radioativo", considerando assim que um período de 1-10 milhões de anos seriam suficientes para uma impregnação tênue dos cristais. Ora, como os depósitos pré-cambrianos do Espinhaço foram sedimentados em idade próxima de 1,7 Ga, o tempo de exposição certamente foi suficiente para a formação das capas, mesmo com um volume reduzido de material radioativo presente no nível mineralizado. A origem dos elementos químicos detectados e o seu modo de ocorrência nas capas, no entanto, alguns muito constantes como as terras raras e o escândio, poderia estar relacionada com a composição química original do material presente na bacia de sedimentação.

Tabela 43: Características mineralógicas dos cristais de diamante e elementos químicos detectados através do método de ativação neutrônica.

AMOSTRA	PESO (ct)	HÁBITO	COR/TONA-LIDADE	CAPA ORIGINAL	ELEMENTO DETECTADO
GMO-CP-03	0,34	*Ballas*	Branco	Verde transparente	Ce, Eu, La, Sc
GMO-CP-04	0,12	Transição octa-dod.	Incolor esverdeado	Verde densa	Ce, Eu, La, Sc
DAT-CP-06	0,36	Irregular	Incolor	Verde transparente	Ce, Eu, La
DAT-CP-07	0,16	Geminado	Incolor amarelado	Ausente	Nenhum
DAT-CP-08	0,18	Rombododecaedro	Incolor	Verde transparente	Mn
DAT-CP-09	0,23	Rombododecaedro	Incolor esverdeado	Verde densa	Nenhum
DAT-CP-10	0,10	Rombododecaedro	Incolor	Ausente	Nenhum
DAT-CP-11	0,11	Geminado	Incolor amarelado	Ausente	Nenhum
DIA-CP-12	0,17	Octaedro	Incolor	Ausente	Ce, Eu, La
DIA-CP-13	0,08	Transição octa-dod.	Incolor	Ausente	Nenhum
DIA-CP-14	0,19	Rombododecaedro	Incolor esverdeado	Verde densa	Ce, Cr, Eu, La
DIA-CP-15	0,21	Irregular	Incolor	Verde tranparente	Nenhum
DIA-CP-16	0,31	Irregular	Incolor esverdeado	Verde densa	Br, Eu, La
DIA-CP-17	0,17	Rombododecaedro	Incolor	Verde transparente	Eu, La
RJE-CP-18	0,05	Irregular	Laranja	Ausente	Nenhum
FDU-CP-19	0,31	Irregular	Incolor amarelado	Ausente	Nenhum
FDU-CP-20	0,29	Irregular	Incolor amarelado	Ausente	Nenhum
FDU-CP-21	0,20	Irregular	Cinza claro	Verde transparente	Ce, Eu, La, Sc
JEQ-CP-22	0,14	Transição octa-dod.	Incolor esverdeado	Verde densa	Ce, Eu, La
JEQ-CP-23	0,19	Rombododecaedro	Incolor	Marrom	Eu, La
JEQ-CP-24	0,33	Octaedro	Incolor	Marrom	La
GMO-CP-25	0,09	Transição octa-dod.	Incolor amarelado	Verde transparente	Sc, W
GMO-CP-26	0,10	Transição octa-dod.	Incolor	Ausente	La
GMO-CP-27	0,37	*Ballas*	Cinza	Verde densa	Eu, La, Sc, Yb
GMO-CP-28	0,79	Carbonado	Preto	Imperceptível	Ce, Co, Cr, Eu, Fe, La, Sc, Th

8.10. VARIEDADES POLICRISTALINAS

8.10.1. Classificação

Entre as diversas variedades em que o diamante é encontrado na natureza, não é incomum ocorrerem microcristais agregados, densamente compactados, podendo ou não mostrar alguma forma definida. Ainda não existe um consenso para a classificação do diamante policristalino e todas as suas variedades conhecidas são industriais. Observa-se na literatura uma certa imprecisão entre o que são tipos mineralogicamente definidos e os conceitos que são puramente comerciais. Williams (1932) e mais recentemente Gurney (1989) agruparam como "agregados cristalinos" sete destas variedades, várias delas nunca descritas em depósitos brasileiros: *bort, ballas, framesite, stewartite, short bort, hailstone bort* e carbonado. Essa terminologia será primeiramente definida em separado segundo a conceituação de Williams (1932), embora outros autores como Orlov (1973) e Gaal (1977) considerem vários destes termos apenas como "subtipos" da variedade *bort*.

Bort: a mais inferior das variedades do diamante, apresentando aspecto granular, cristalitos defeituosos e mal formados, que podem ser desde microscópicos até visíveis a olho-nú. Sua coloração é cinza ou preta, devido a inúmeras impurezas e inclusões.

Ballas: são massas mais ou menos esféricas, de microcristais interdesenvolvidos, arranjados de maneira aproximadamente concêntrica.

Framesite: é um tipo grosseiro de diamante, preto, de aspecto "arenoso" e preferencialmente friável, encontrado de modo particular nas minas Premier e Orapa, República Sul Africana.

Stewartite: é considerado um tipo raro de *bort*, apresentando pouco brilho, e que ocorre em fragmentos disformes e com propriedades magnética e polar, devido a impurezas de magnetita e sílica.

Short bort ou shot bort: é um termo utilizado na África do Sul para um diamante bem arredondado, de forma esférica e estrutura radial, algumas vezes translúcido, mostrando uma coloração cinza, rosada ou marrom.

Hailstone bort: é um tipo arredondado de *bort*, que difere das outras formas por apresentar camadas ou zonas distintas de coloração cinzenta, onde os cristalitos podem se mostrar desde pobremente até bem cristalizados.

Carbonado: este termo, de origem brasileira, é utilizado para conceituar agregados porosos de microdiamantes, apresentando preferencialmente uma coloração preta ou cinza escura, e constituindo uma massa granular e compacta.

Conforme a apreciação das descrições anteriormente descritas, existe pouca coerência científica entre diversas das denominações utilizadas, parecendo nitidamente que em termos mineralógicos, certas variedades na realidade sejam variações de outras. Estas, por suas características algo peculiares, apresentavam no passado valores diferenciados comercialmente. Com a entrada maciça do diamante sintético no mercado, a partir da década dos 70, vindo suprir a maior parte da demanda das variedades industriais, esta cotação diferente na prática não existe mais.

Assim sendo, certos termos como *framesite, stewartite e hailstone bort*, podem ser considerados como variações mineralógicas da espécie *bort*, enquanto que as espécies *ballas* e *short bort* pareçam antes ser sinônimos do que particularizações específicas. Orlov (1973) considerou o tipo *hailstone bort* como diamantes com capa (*coated diamonds*), os quais, neste caso, não constituiriam uma variedade policristalina. Este mesmo autor considerou também que a definição do termo *framesite* era muito aproximada daquela dos carbonados (Orlov 1973), mas o assunto pode ainda ser considerado em aberto, pois segundo outros autores, carbonados não ocorrem em kimberlitos (Kaminski 1994).

De outra maneira, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), órgão responsável no país pelo controle da comercialização dos bens minerais, classifica o *bort* como toda a produção de "fundo", isto é, de qualidade muito inferior em termos industriais. Esta classificação, assim, não leva em consideração se a espécie *bort* é mono ou policristalina.

No presente estudo, o diamante policristalino foi agrupado em apenas três divisões: agregados policristalinos complexos (*borts*), *ballas* e carbonado, cujos conceitos são característicos em termos mineralógicos e mostram presença notável nos depósitos brasileiros, aparecendo também naqueles da Serra do Espinhaço. Além disso, essas formas têm sido previamente agrupadas por Moriyoshi *et al.* (1983) baseado em suas propriedades estruturais microcristalinas.

8.10.2. Descrição das variedades policristalinas no Espinhaço

8.10.2.1. Agregados policristalinos complexos (borts)

Sob essa definição, são aqui considerados os agregados de diamantes com aspecto irregular, não possuindo os cristalitos hábitos determináveis e onde normalmente o número de indivíduos presentes é sempre superior a algumas dezenas. Na realidade esta conceituação reúne os tipos *bort* de diamantes, muito comum em determinados depósitos

brasileiros, como Juína (Mato Grosso), e presentes também, embora em menor proporção, entre os diamantes de Coromandel e do Rio Abaeté, conforme observações de campo efetuadas pelo autor do presente estudo.

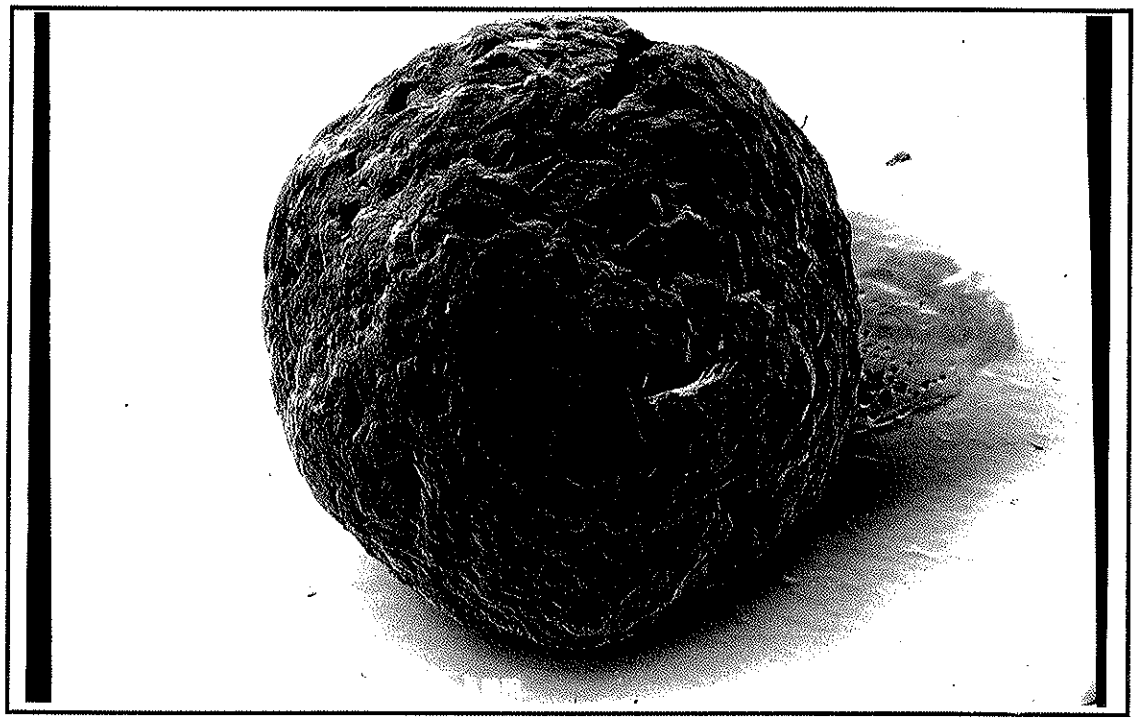
Os agregados policristalinos deste tipo são raríssimos entre os diamantes do Espinhaço. Agregados complexos realmente comparáveis ao *bort* somente foram verificados da região de Grão Mogol, onde se observou três exemplares dessa variedade (Tabela 30), o maior deles pesando 0,21 ct. Nas demais áreas, este tipo não foi verificado, sendo notados apenas raros agregados cristalinos com dois ou três indivíduos, nas áreas do Rio Jequitinhonha e de Jequitaí. Esses espécimes agregados, porém, possuíam formas definidas, representando o intercrescimento de hábitos monocristalinos.

8.10.2.2. Ballas

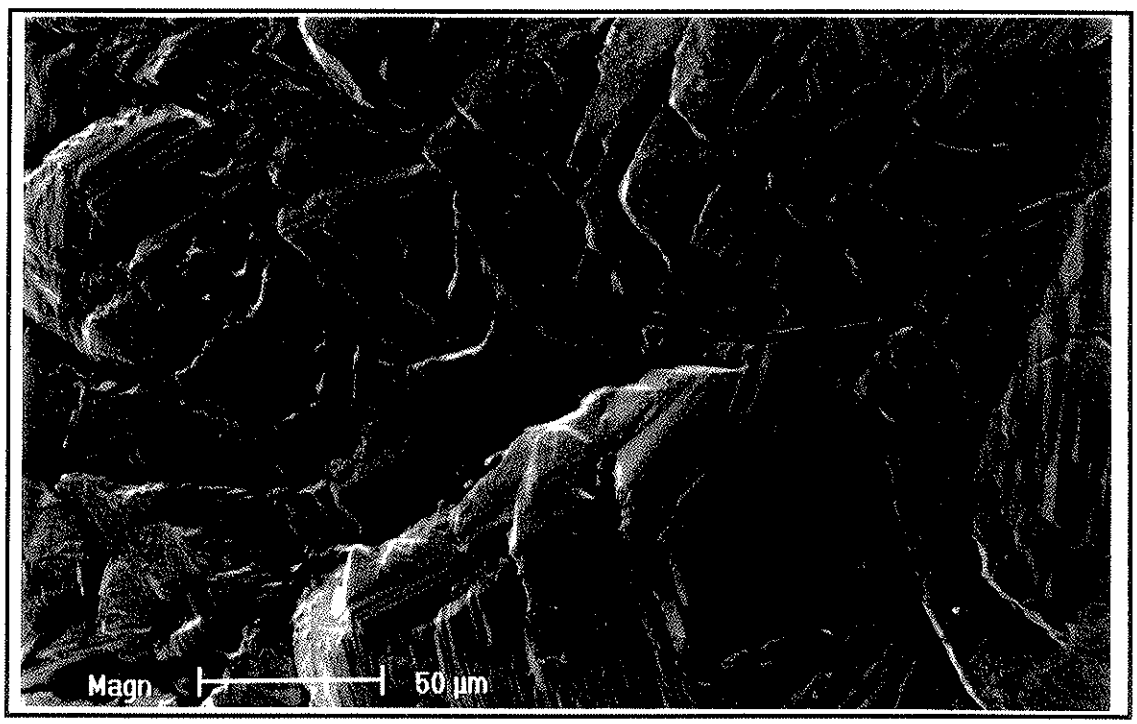
Diamantes *ballas* podem ser definidos como agregados policristalinos de desenvolvimento orientado globular, nos quais os cristalitos apresentam direções (110) radiais, resultando em uma forma esférica ou próxima dela (Micrografias eletrônicas 4-A e 4-B). Normalmente sua coloração é branca ou levemente acinzentada. No Espinhaço foram observados, em Datas e Grão Mogol, alguns espécimes apresentando "capa verde". As principais ocorrências de diamantes *ballas* são referidas ao Brasil (genericamente), à Mina Premier na República Sul Africana, e aos depósitos dos Urais, Rússia. Estudos específicos sobre a estrutura desta espécie são devidos a Fischer (1961) e Moriyoshi *et al.* (1983).

Esses diamantes podem ser considerados incomuns, mas é interessante ressaltar que eles estão presentes em todos os depósitos estudados. Em Grão Mogol foram descritos dois diamantes *ballas*, enquanto nas demais áreas foi notada a presença de apenas um, determinando assim os baixos percentuais verificados (Tabela 30). Na área do Rio Jequitinhonha, apesar de não ter sido examinado nenhum diamante deste tipo nos lotes da Mineração Rio Novo, foi descrito um exemplar pesando 13,7 ct, perfeitamente esférico, durante os trabalhos de campo em um garimpo semi-mecanizado no leito do mesmo rio, nas proximidades daquela mineradora, e que por suas características realmente notáveis foi incorporado ao conjunto descrito.

No Distrito da Serra do Cabral, apesar do menor número de cristais examinados, foi descrito um *ballas* com 0,32 ct (Micrografias Eletrônicas 4 e 5). Os comerciantes de diamantes entrevistados em Jequitaí, porém, consideram esta forma como raríssima na localidade. No Campo de Datas, acredita-se que o valor próximo de 0,2 % é bem realístico para a área (também baseado em entrevistas com comerciantes locais), e o único exemplar estudado pesou 0,37 ct.



Micrografia Eletrônica 4: Diamante policristalino do tipo *ballas*, observando-se o seu aspecto esférico típico (amostra proveniente de Jequitaí, peso=0,32ct).



Micrografia Eletrônica 5: Detalhe da micrografia anterior, destacando-se o aspecto triangular de certos setores da amostra, os quais provavelmente representam múltiplos cristais octaédricos imbricados.

8.10.2.3. Carbonado

Sob a designação de carbonados os mineradores brasileiros conhecem desde longa data esta variedade policristalina singular, atualmente empregada em toda a literatura mineralógica, para definir um agregado mais ou menos poroso e com aspecto irregular, de cristalitos de diamantes com tamanhos muito reduzidos, da ordem de 10^{-2} a 10^{-3} mm (Kerr *et al.* 1948, Orlov 1973). Sua coloração varia do preto, passando por tonalidades acinzentadas, até o marrom claro/escuro, evidenciando uma grande quantidade de impurezas. Os cristalitos não mostram evidências de qualquer agente agregador tal como carbono amorfo ou sílica; presumivelmente eles são conectados por forças interatômicas como as que ocorrem nos materiais cerâmicos (Trueb & Buttermann 1969).

O Brasil constitui o maior produtor mundial de carbonados, cuja principal área fornecedora é a Chapada Diamantina (Estado da Bahia), onde cerca de 10 a 20 % do total da produção diamantífera é compreendida por esta variedade (Montes 1977, Schobbenhaus 1993). Neste contexto se destaca o "Carbonado do Sérgio" o qual, pesando 3167 ct, é considerado o maior espécime de diamante já encontrado. Ainda nesta região, Leonardos (1937) descreve localidades onde mais que 50 % da produção é constituída por carbonados. Deve ser destacado que provavelmente a segunda área mais importante na produção desta espécie no Brasil é o Rio Jequitinhonha, no seu curso médio, a jusante da confluência com o Rio Macaúbas.

Durante os trabalhos de campo efetuados nesta região, verificou-se em todos os garimpos uma produção regular e constante de carbonados, variável sempre entre 1 a 2 % em peso do total de diamantes extraídos. Entretanto, no mesmo Rio Jequitinhonha a montante desta área, incluindo assim todo o Distrito de Diamantina, a espécie não ocorre. Esses dados, assinalados desde longa data (Moraes & Guimarães 1930, Moraes 1934), são confirmados por mais de 20 anos de produção industrial no Rio Jequitinhonha pelas mineradoras Tejucana (H. Dupont 1991, comunicação verbal) e Rio Novo (R. Fleischer 1993, comunicação verbal).

Não existem estudos específicos a respeito dos carbonados que ocorrem no Espinhaço Mineiro em sua porção central. É reportada apenas a ocorrência desta variedade, juntamente com o diamante monocristalino, em várias localidades do norte de Minas Gerais, sendo as principais (Figura 46): Rio Jequitinhonha e seus afluentes rios Macaúbas, Congonhas e Itacambiruçu; Rio Abaeté; Rio Acari; Lavra do Deodato, em Grão Mogol; Serra da Tropa, em Cristália; e São Romão (Moraes 1934). No Distrito da Serra do Cabral, a produção restrita e o total desconhecimento pelos garimpeiros desta variedade policristalina, não nos permite assegurar a sua inexistência.

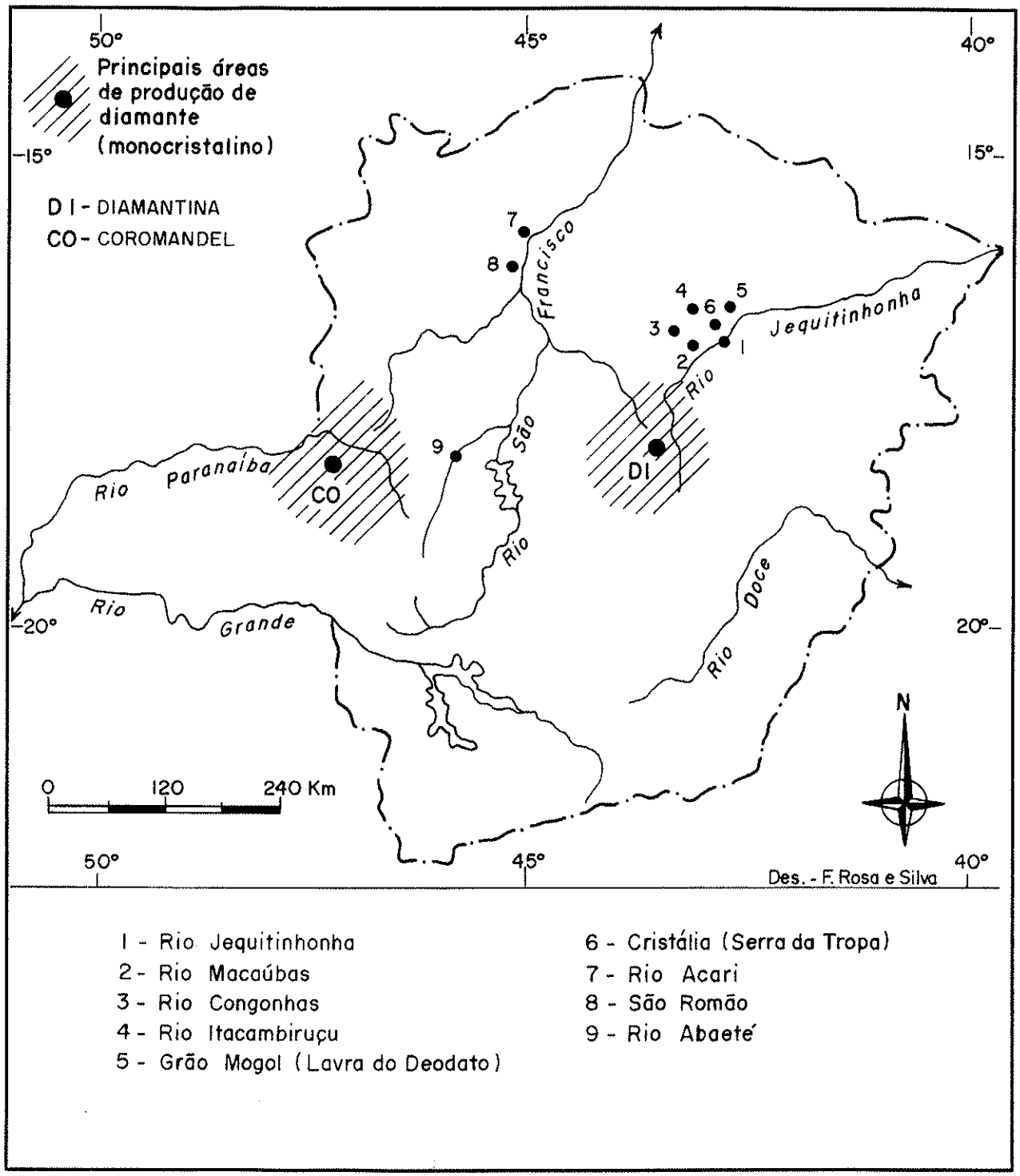
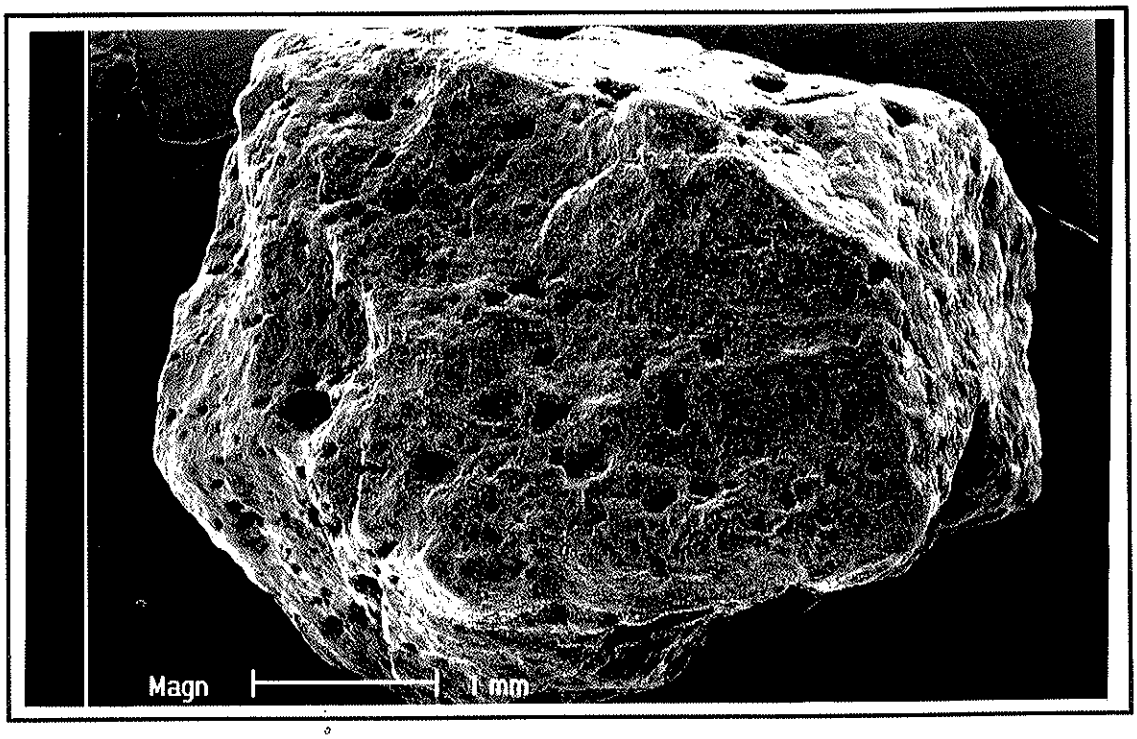


Figura 46: Ocorrências de carbonado no Estado de Minas Gerais (segundo referências citadas em Moraes 1934).

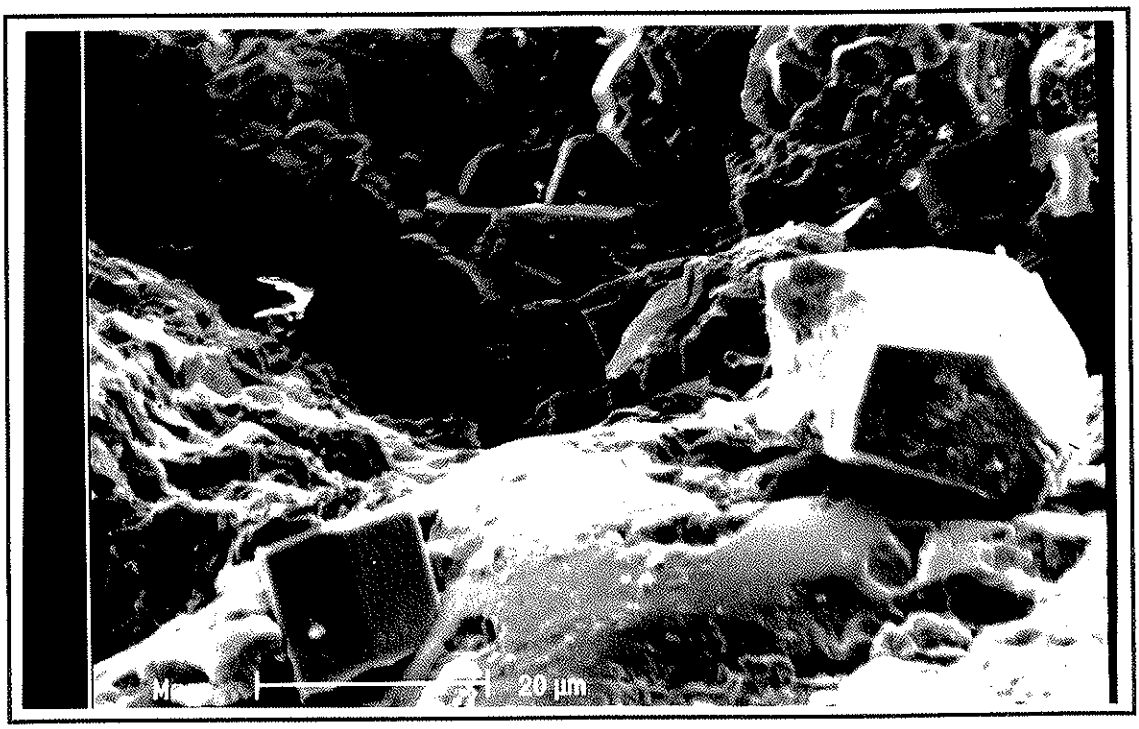
Na região serrana de Grão Mogol, porém, os carbonados apesar de serem pouco comuns são conhecidos pela maioria dos garimpeiros. Durante os trabalhos de campo, foi examinado um carbonado pesando 0,61 ct, procedente da Serra da Pedra Rica, a nordeste da cidade. A presença desta variedade no local, onde ocorrem conglomerados diamantíferos da Formação Grão Mogol, assim como na Lavra do Deodato, em que a garimpagem se dá na parte eluvial dos mesmos conglomerados (Figura 31), não parece deixar dúvidas de que tais rochas constituam a fonte tanto dos diamantes monocristalinos como dos carbonados da região.

A coloração preta a acinzentada, assim como a densidade menor verificada para os carbonados, são conseqüências da grande quantidade de inclusões minerais presentes e pelos espaços vazios que ocorrem entre estas e os cristalitos de diamante. Isto foi comprovado nas fotografias obtidas no microscópio eletrônico de varredura, conforme observado na Micrografias Eletrônicas 6 e 7. Outros estudos, com amostras provenientes da Chapada Diamantina baiana, revelaram ortoclásio, hematita, gehlenita, allanita, perovskita, zircão, rutilo, coríndon, cassiterita, cloritóide, pseudomalaquita, covellita, rosasita, parisita e anidrita (Trueb & De Wys 1969).

Esta assembléia mineralógica complexa tem levado muitos autores à consideração de que os carbonados possuem uma origem crustal (por exemplo, Kaminski 1994, Shibata *et al.* 1993). Esses autores, porém, não explicaram porque os carbonados ocorrem juntamente com os diamantes monocristalinos em todas as áreas onde são descritos. De outra maneira, McCandless *et al.* (1989) consideraram os carbonados aluviais como equivalentes dos tipos policristalinos conhecidos como *framesite* e *stewartite*, encontrados em muitos kimberlitos sul-africanos, especialmente no *pipe* de Orapa. Deve também ser ressaltado que tanto no Espinhaço Central (Distrito de Grão Mogol) como na Chapada Diamantina, diamantes e carbonados são derivados dos mesmos conglomerados proterozóicos, indicando que ambos foram espalhados no meio fluvial na mesma época durante a sedimentação do Supergrupo Espinhaço, provavelmente a partir de uma fonte magmática similar.



Micrografia Eletrônica 6: Diamante policristalino do tipo carbonado, observando-se um grande número de cavidades na superfície (amostra proveniente do Rio Jequitinhonha na região de Grão Mogol, peso=2,27 ct).



Micrografia Eletrônica 7: Detalhe da amostra anterior, notando-se a forma semi-ocatédrica dos cristalitos de diamante.

8.11. CARACTERIZAÇÃO GEMOLÓGICA

8.11.1. Aspectos gerais

Até o final do século passado, o interesse pelo diamante era puramente gemológico, daí a famosa expressão de Henry Gorceix que a ele se referia como "a mais preciosa das inutilidades". A partir do século 20, o diamante passou a ter uma ampla utilização industrial por suas caracerísticas físicas únicas. Em termos de comércio, no entanto, sempre houve uma notória divergência com as conceituações acadêmicas em relação ao mineral, tendo sido criada uma terminologia e classificação próprias no sentido de descrever as suas principais propriedades. No presente estudo, quanto à gemologia, procurou-se estabelecer uma linha intermediária entre os aspectos acadêmicos e aqueles voltados para o meio comercial.

Durante todo o século atual tem havido de maneira geral um equilíbrio entre a oferta e a procura desse bem mineral, graças ao rígido controle de preços exercido pelo "Sindicato da De Beers", e assim a gema tem sido utilizada não só para fins de adorno pessoal como também para inversão de capital. A garantia de estabilidade de preços a médio e longo prazos tem feito do diamante um meio internacional de investimento. Devido a estes fatores, normas específicas internacionalmente reconhecidas, foram estabelecidas para a avaliação do diamante baseadas em quatro aspectos, conhecidos como os quatro "c": *carat* (peso), *color* (cor), *clarity* (pureza) e *cut* (lapidação). No caso da avaliação dos diamantes brutos, o último aspecto é substituído pelo hábito e/ou formato do cristal.

Conforme realçado em termos mineralógicos nos itens anteriores deste capítulo, o diamante da região do Espinhaço em sua maior parte apresenta propriedades de gema, e assim, no âmbito do presente estudo procedeu-se ainda uma investigação minuciosa a respeito dessas características nos cristais examinados. A alta qualificação gemológica do mineral no Espinhaço pode ser quantificada nos dados fornecidos em Chaves *et al.* (1993), ao destacarem um prêço médio de US$ 147/ct para o diamante em geral nesta região, em contraste com os valores médios obtidos para o Estados da Bahia (US$ 82/ct), Mato Grosso (US$ 90/ct) e Roraima (US$ 106/ct). Somente os diamantes monocristalinos possuem características gemológicas, ainda que certos hábitos como o cubo não a possuam, e outros como cristais geminados e agregados apresentem um aproveitamento restrito às pedras de maior porte.

A importância do diamante do Espinhaço se realça ainda mais levando em consideração a moderna divisão comercial de Levinson *et al.* (1992) ao tratar dos diamantes

como lapidáveis (*cuttable*) e industriais, ao contrário das precedentes que consideravam as espécies como de qualidade gema ou industrial. Como na última década o poder aquisitivo teve uma redução em escala mundial, aumentos a procura pelas pedras menos valiosas, ou seja, as de qualidade gemológica inferior. Desta maneira, uma significante parcela dos diamantes do Espinhaço, anteriormente considerados como industriais "superiores", passaram a ser tratados como lapidáveis nas classes inferiores de pureza.

As designações em geral utilizadas nas descrições mineralógicas a respeito da cor do diamante, podem ser consideradas pouco precisas, por se aterem demasiadamente na percepção visual de cada pesquisador, e que este se baseia em comparações com outros minerais conhecidos. Nos últimos 30 anos foram feitas diversas tentativas de melhor classificar a cor do diamante, em normas regidas por associações gemológicas internacionais como:

- AGS - American Gem Society, Diamond Grading Standards (EUA);
- CIBJO - Confédération Internationale de la Bijouterie, Joaillerie, Orfèvrerie des Diamants, Perles et Pierres (Áustria, Bélgica, Canadá, Dianamarca, Finlândia, França, Grã Bretanha, Itália, Japão, Holanda, Noruega, Espanha, Suécia, Suíça, EUA, Alemanha);
- DGemG - Deutsche Gemmologische Gesellschaft (Alemanha);
- GIA - Gemological Institute of America (EUA);
- HRD - Hoge Raad voor Diamant (Bélgica);
- SCAN D.N. - Scandinavian Diamond Nomenclatute and Grading Standards (Suécia, Noruega, Dinamarca).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também instituiu a sua escala de colorações, em uso desde 1991. Atualmente, porém, as escalas adotadas pela CIBJO e pelo GIA têm se destacado mundialmente como as mais importantes em uso no meio comercial.

As duas principais formas de classificação das cores dos diamantes gemas baseiam-se em:

(1) definição física pela medição das absorções e sua transformação em letras combinadas com números;

(2) comparação visual da cor através de padrões pré-estabelecidos.

A primeira forma de classificação está sendo mais utilizada por centros gemológicos como o GIA e a DGemG, através da utilização de aparelho gemológico específico (*Colormaster*). Essa classificação, porém, não é plenamente aceita pelo mercado que prefere, por motivos práticos, trabalhar com a segunda forma. No presente estudo, foi adotada a segunda classificação, no entanto de maneira simplificada visando permitir a

agilização das descrições, que na maioria das vezes foram feitas contando com a colaboração dos comerciantes das várias localidades envolvidas.

Assim, para a caracterização gemológica dos diamantes examinados, foi estabelecida uma padronização quanto a cor baseada nas escalas do CIBJO e GIA. No campo, utilizou-se para tal finalidade uma escala padrão (cinco pedras em zircônia) classificada pelo GIA, com as divisões em letras "E", "G", "I", "K" e "M". Várias simplificações foram porém introduzidas, descritas a seguir (Tabela 44):

-Cores: col-1, branco extra (equivalente às cores "D", "E" e "F"); col-2, branco "comercial" (cores "G" e "H"); col-3, branco levemente amarelado (cores "I", "J" e "K"); col-4, branco amarelado (cores "L", "M", "N"...); col-5, cores de fantasia (*fancy colors*), como amarelo-canário, laranja, rosa e azul; col-6, qualquer cor relativa aos diamantes que não se enquadram como gemas. Os agrupamentos de cores aqui designados de col-1, col-2, col-3 e col-4 constituem as cores mais freqüentes dos diamantes naturais; as cores de "O" até "Z" são menos comuns. Muitas vezes as cores "X", "Y" e "Z" já são designadas de *light fancys*. De outro modo, as classes col-5 e col-6 não encontram equivalentes na tabela do GIA. A primeira (col-5), porque inclui diamantes raríssimos e seus valores são independentes do mercado, e a segunda (col-6) porque tratam-se de diamantes sem características gemológicas.

Tabela 44: Comparação entre a terminologia das principais escalas gemológicas de cores do diamante e a utilizada nesta Tese.

SIGNIFICADO DA COR	CIBJO	GIA	NESTA TESE
Incolor excepcional superior	Exceptional white (+)	D	col-1
Incolor excepcional	Excepcional white	E	
Incolor extra superior	Rare white (+)	F	
Incolor extra	Rare white	G	col-2
Incolor	White	H	
Incolor com leve "toque" de amarelado	Slightly tinted white	I J	col-3
Incolor como "toque" de amarelado	Tinted white	K L	col-4
Incolor amarelado	Tinted colour	M,N,...Z	
Colorido	Fancy diamonds	-	col-5
Outras cores	-	-	col-6

Quanto aos diamantes coloridos (*fancy diamonds*, col-5), seus valores não acompanham as tabelas comerciais, podendo alcançar números até centenas de vezes superiores aos preços padronizados.

Da mesma forma, com relação à pureza, certas simplificações também foram introduzidas em relação às escalas do CIBJO e GIA (Tabela 45):

-Pureza: pur-1, sem inclusões e jaças, ou *cleanish*, (equivalente aos graus "LC"e "VVS"); pur-2, com inclusões muito pequenas, vistas só com lupa de 10 aumentos ("VS", "SI"); pur-3, com inclusões e/ou jaças visíveis a olho-nú ("I_1"); pur-4, com inclusões grandes, nítidas e/ou jaças grandes ("I_2" e "I_3"); pur-5, *borts* (segundo o conceito de Gaal 1977), *ballas* e cristais com muitos defeitos, tais como inclusões, jaças, etc., que não se enquadram na classe de gemas e por isso não possuem equivalentes na escala do GIA.

Tabela 45: Comparação entre a terminologia das principais escalas gemológicas de pureza do diamante e a escala utilizada nesta Tese.

GRAU DE LIMPIDEZ	CIBJO	GIA	NESTA TESE
Totalmente livre de inclusões	LC	FL IF	pur-1
Inclusões pequeníssimas, muito difíceis de encontrar com a lupa (10 aumentos)	VVS_1 VVS_2	VVS_1 VVS_2	
Inclusões pequenas, difíceis de encontrar com a lupa	VS_1 VS_2	VS_1 VS_2	pur-2
Inclusões pequenas, facilmente encontradas com a lupa	SI	SI	
Inclusões evidentes com a lupa, porém difíceis de serem vistas a olho-nú	Piqué I	I_1	pur-3
Inclusões grandes e/ou freqüentes, facilmente visíveis a olho-nú	Piqué II	I_2	pur-4
Inclusões grandes e/ou freqüentes, muito fáceis de serem vistas a olho-nú, e que reduzem o brilho da pedra	Piqué III	I_3	
Cristais de qualidade não gemológica (tipos industriais)	-	-	pur-5

Significados: LC - Loupe clean; FL - Flawless; IF - Internally flawless; VVS - Very, very small inclusion; VS - Very small inclusion; SI - Small inclusion; I - Inclusion

8.11.2. Gemologia do diamante do Espinhaço

Os aspectos gemológicos do diamante do Espinhaço foram caracterizados com base no estudo de lotes de quatro localidades: Datas, Rio Jequitinhonha, Grão Mogol e Jequitaí.

Nas áreas de Datas, Grão Mogol e Jequitaí, o estudo preferenciou lotes inteiros da produção semanal de diamantes, e os dados obtidos entre vários lotes foram depois recalculados pela média aritmética ponderada. Esta precaução é necessária pois muitas vezes os compradores podem ter estocado previamente, com finalidades especulativas, um determinado tipo de qualidade comercial entre os seus lotes particulares.

Na área do Rio Jequitinhonha, foram examinados dois lotes pertencendo a área lavrada pela Mineração Rio Novo. Segundo comunicação verbal do Sr. Antonio Tomaz, diretor comercial desta mineradora (1994), os diamantes produzidos nos últimos 10 anos de operação da companhia não mostraram diferenças significativas quanto a seus valores comerciais. Isto indica também que não tem havido modificações em termos de qualidade gemológica do diamante desta área, e que os lotes estudados são plenamente representativos para a determinação das relações gema/indústria.

Os dados apresentados na Tabela 46 demonstram a ótima qualidade gemológica verificada nos diamantes do Espinhaço em geral, variando entre cerca de 78 % em Grão Mogol e 97 % em Jequitaí (Figura 47). É interessante observar que os diamantes de qualidade muito inferior, classificados comercialmente como "fundo", representaram sempre valores menores que 1 % nos lotes examinados, mesmo incluindo entre estes a variedade *ballas*. Lotes de diamantes gemológicos observados em Diamantina (coleção do Sr. Victor Siao), são mostrados na fotografias 22 A-D.

Tabela 46: Freqüências dos tipos gema, indústrial e fundo entre os diamantes da Serra do Espinhaço (dados de percentagem em relação ao peso da amostra, entre parêntesis).

ÁREA / TIPO	DATAS (191,17 ct)	R. JEQUITINHONHA (1398,46 ct)	GRÃO MOGOL (84,48 ct)	JEQUITAÍ (171,36 ct)
Gema	83,51	92,43	78,13	97,10
Industrial	16,49	7,14	20,96	2,90
Fundo	-	0,42	0,91	-

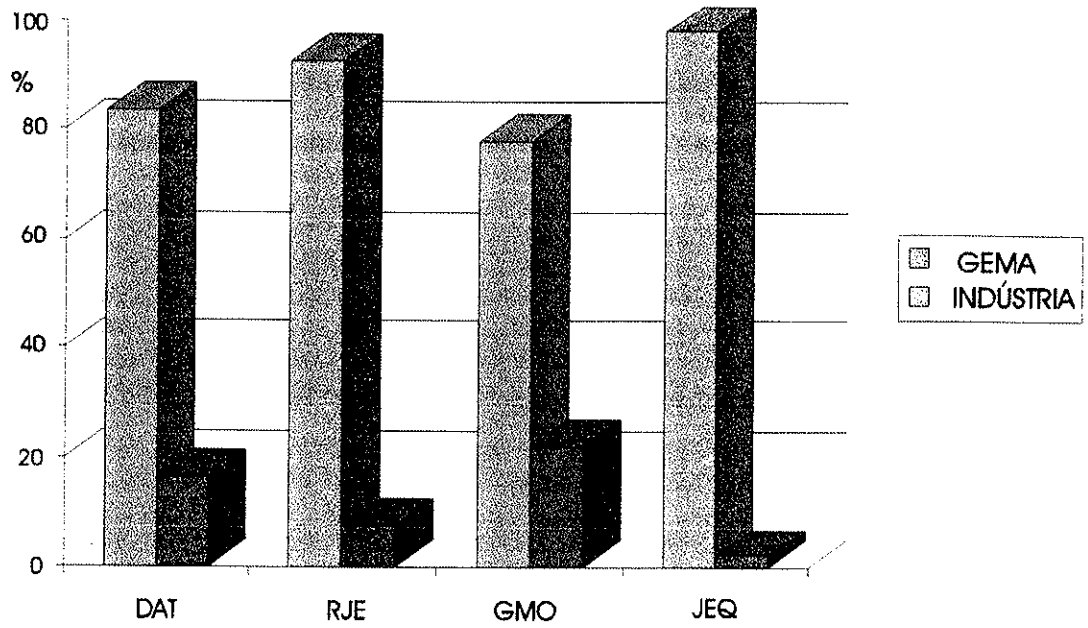


Figura 47: Comparação das relações verificadas entre diamantes gemas / diamantes industriais na Serra do Espinhaço (dados de % em peso). Localidades, DAT = Datas; RJE = Rio Jequitinhonha; GMO = Grão Mogol; JEQ = Jequitaí.

Na Tabela 47, apresenta-se os dados em relação ao detalhamento das escalas adotadas de coloração e pureza. Para efeito de apresentação, nas figuras que mostram a qualificação gemológica dos diamantes da Serra do Espinhaço, preferiu-se reunir em apenas três classes tanto as características de cor quanto de pureza (Figuras 48 e 49). Nestas, pode ser observado que a coloração predominante entre os diamantes gemas varia entre o branco levemente amarelado até o branco amarelado. Esses dados estão plenamente de acordo com a opinião dos principais diamantários de Diamantina, cidade que centraliza a comercialização da produção do Espinhaço, de que a "média" das cores dos diamantes da região varia entre "I" e "J" (Victor Siao 1994, comunicação verbal). Da mesma forma, os dados quanto a pureza do diamante, revelam que em todas as áreas predominam (> 60 %) diamantes com purezas 1 e 2 da classificação ora adotada, isto é, até a classe que inclui inclusões pequenas mas facilmente encontradas com a lupa de 10 aumentos (Tabela 45).

Tabela 47: Principais características gemológicas quanto às cores e purezas do diamante da Serra do Espinhaço (entre parêntesis a comparação com as escalas do *Gemological Institute of America - GIA*). Cores: col-1, branco extra ("D", "E" e "F"); col-2, branco "comercial" ("G" e "H"); col-3, branco levemente amarelado ("I", "J" e "K"); col-4, branco amarelado ("L", "M", "N"...); col-5, cores de fantasia (*fancy colors*); col-6, cores não gemológicas. Pureza: pur-1, sem inclusões ou jaças ("FL", "IF" e "VVS"); pur-2, com inclusões muito pequenas, vistas só com lupa ("VS", "Si"); pur-3, com inclusões e/ou jaças visíveis a olho-nú ("I_1"); pur-4, com inclusões grandes, nítidas e/ou jaças grandes ("I_2" e "I_3"); pur-5, cristais não gemológicos, isto é, com muitos defeitos, além de cubos, *borts* e *ballas* (dados de percentagem em peso).

PADRÃO	ÁREA	DATAS (191,17 ct)	RIO JEQUITINHONHA (1398,46 ct)	GRÃO MOGOL (84,48 ct)	JEQUITAÍ (171,36 ct)
Cor	col-1	1,51	0,96	1,30	2,94
	col-2	19,26	8,93	16,97	35,29
	col-3	48,40	58,21	37,59	36,03
	col-4	28,47	29,19	42,03	25,00
	col-5	-	0,16	-	0,24
	col-6	2,34	2,55	2,11	0,49
Pureza	pur-1	56,95	72,41	46,21	75,00
	pur-2	11,22	6,22	13,83	8,08
	pur-3	13,06	9,89	17,49	11,03
	pur-4	18,76	11,32	20,88	5,88
	pur-5	-	0,16	1,59	-

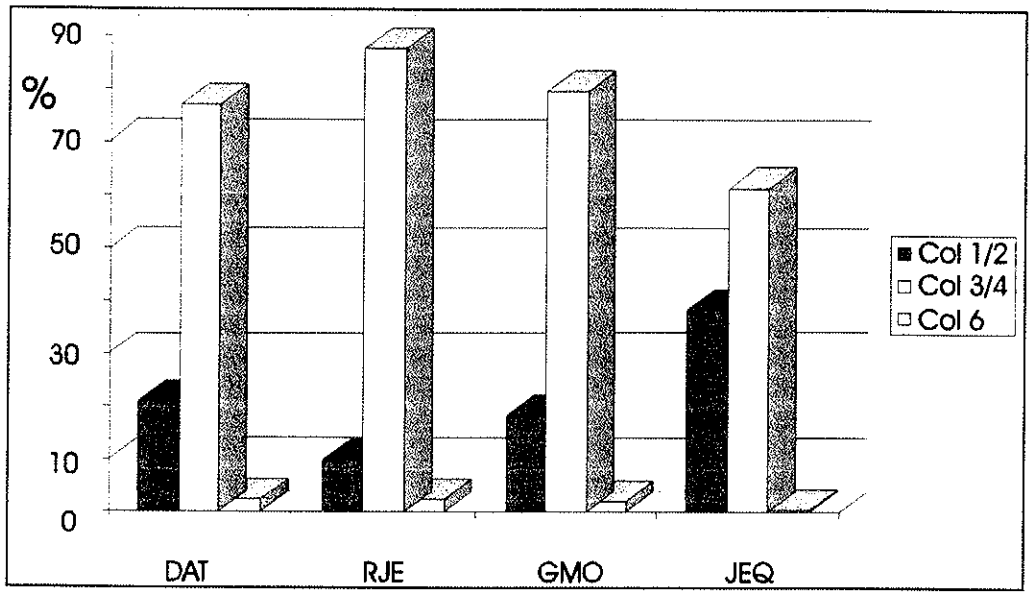


Figura 48: Comparação entre as cores de qualidade gemológica nos diamantes da Serra do Espinhaço (dados de % em peso; padrões de coloração col 1/2, col 3/4 e col 6 na Tabela 44). Localidades, DAT = Datas; RJE = Rio Jequitinhonha; GMO = Grão Mogol; JEQ = Jequitaí.

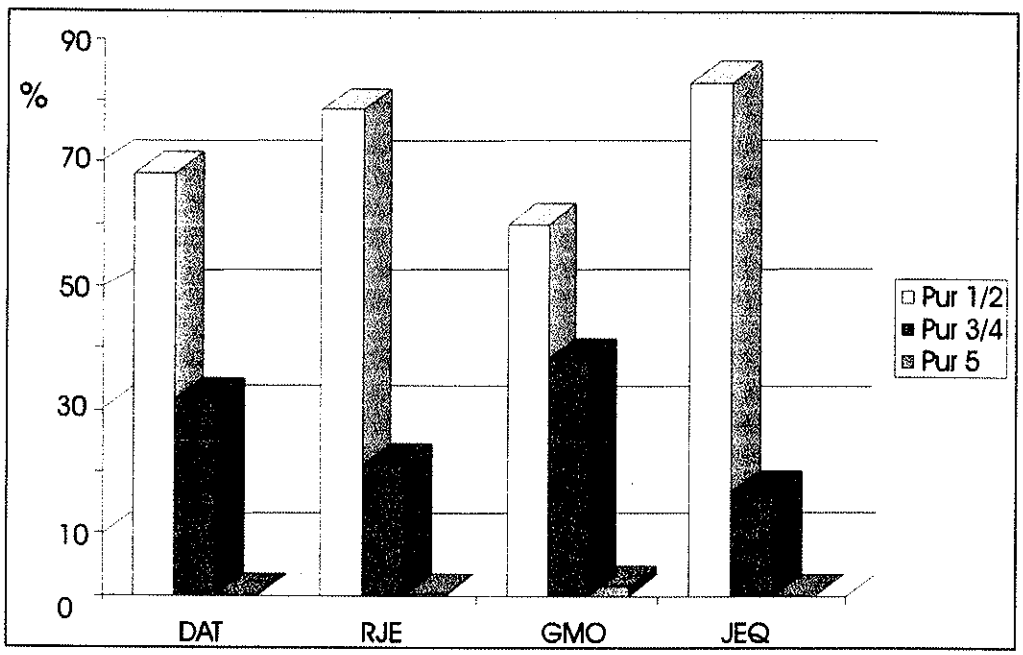
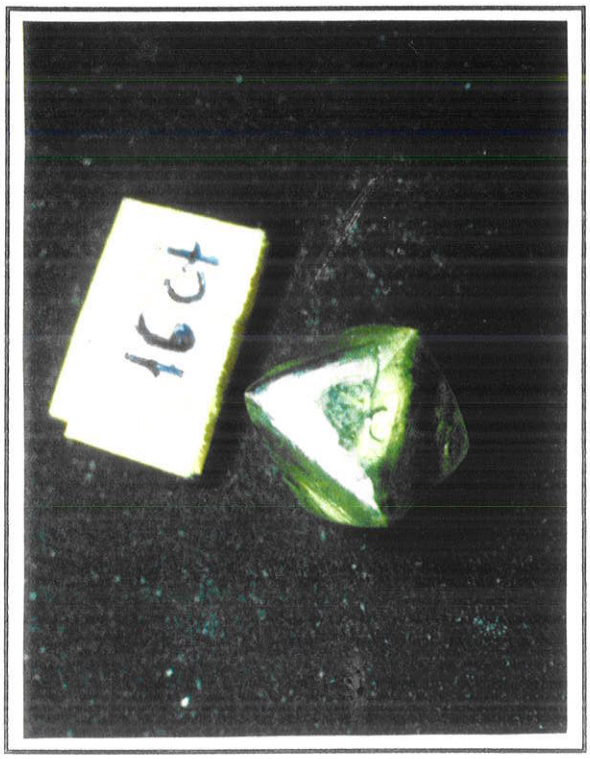
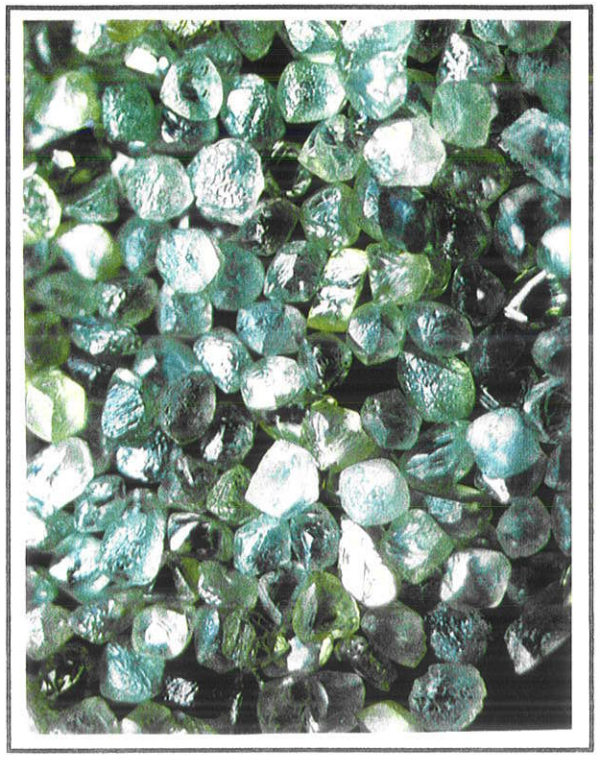


Figura 49: Comparação entre os graus de pureza nos diamantes da Serra do Espinhaço. (dados de percentagem em peso; padrões de pureza pur 1/2, pur 3/4 e pur 5 na Tabela 44). Localidades, DAT = Datas; RJE = Rio Jequitinhonha; GMO = Grão Mogol; JEQ = Jequitaí.

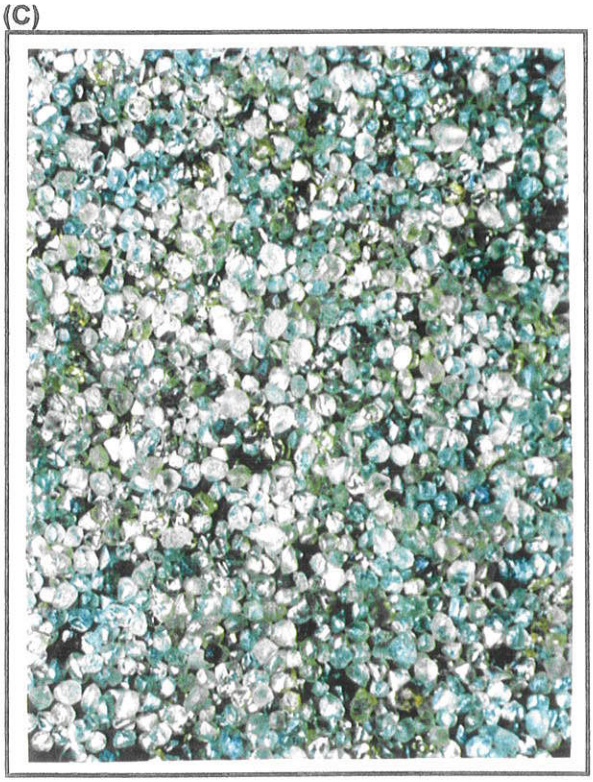
(A)



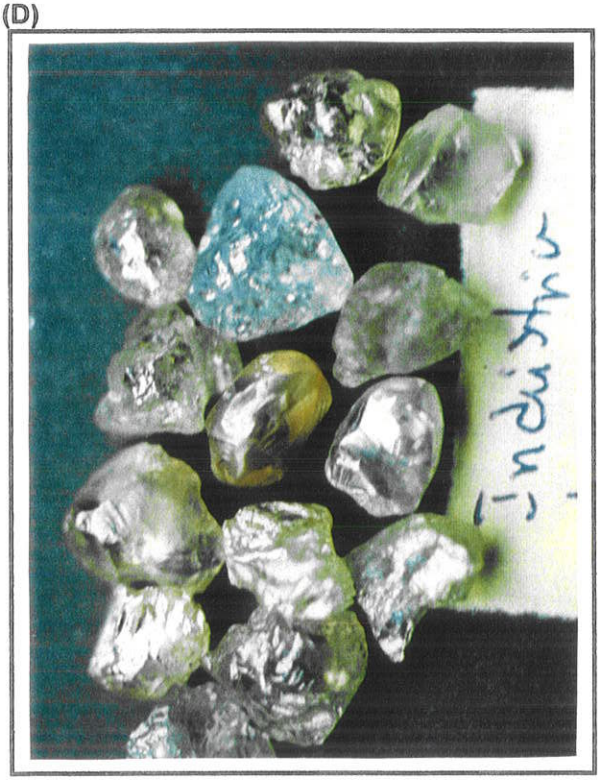
(B)



(C)



(D)



Fotos 22-A, 22-B, 22-C, 22-D: Lotes de diamantes gemológicos da região de Diamantina. (A) Cristal de 16 ct, o maior observado na região, (B) Cristais de ± 1 ct, (C) Cristais de ± 0,30 ct, (D) Cristais classificados como industriais, porém que ainda poder ser considerados lapidáveis (amostras pertencentes ao Sr. Victor Siao, de Diamantina)

9. DISCUSSÃO SOBRE A ORIGEM DO DIAMANTE DO ESPINHAÇO

Os principais parâmetros que orientaram esta Tese foram baseados na mineralogia do diamante e dos seus minerais acompanhantes, temas enfocados nos capítulos anteriores, tendo como apoio o conhecimento geológico existente (região de Diamantina) ou o que foi buscado no decorrer do estudo (regiões de Grão Mogol e Serra do Cabral). Foram assim discutidos dados relativos à geologia das rochas hospedeiras do diamante nas diversas localidades e os processos envolvidos na geração destas rochas, os minerais acompanhantes nos meios secundários de diferentes idades, bem como as características mineralógicas mais importantes referentes ao próprio diamante do Espinhaço. A enorme discussão gerada pela problemática da origem desse mineral na região, será tratada no presente capítulo à luz das informações anteriormente levantadas.

O diamante tem sua origem no manto da Terra e, na atualidade, o meio científico aceita amplamente a hipótese de que kimberlitos e lamproítos constituem apenas as rochas magmáticas que conduzem o mineral desde a sua fonte mantélica até os níveis crustais (Richardson *et al.* 1984). O estudo e o conhecimento dessas rochas ampliou-se expressivamente nas três últimas décadas, devido ao fator econômico ligado aos próprios diamantes e, ainda, pelo interesse que apresentam para o entendimento dos processos geológicos existentes no manto superior. Nesse contexto, kimberlitos e lamproítos vêm sendo pesquisados em escala mundial, pois ao nível do conhecimento atual são as únicas rochas conhecidas capazes de conter diamantes em níveis econômicos.

Kimberlitos e lamproítos são rochas de natureza brechóide, ultrabásicas, e de mineralogia complexa (Tabela 16). Suas presenças são muito raras na crosta terrestre, ocorrendo preferencialmente no interior ou em bordas cratônicas nas formas de diatremas, diques e *sills* (Mitchell 1986). Até recentemente, os kimberlitos eram considerados como a única fonte primária do diamante, o qual teria sua gênese ligada aos estágios iniciais de cristalização do magma kimberlítico (por exemplo, Dawson 1971). Entretanto, a descoberta dos lamproítos diamantíferos na Austrália e a incompatibilidade cronológica verificada entre a idade de certas inclusões nos diamantes e a idade da rocha fonte (Richardson *et al.* 1984), determinou a nova concepção de que esses minerais constituem xenocristais pré-existentes, os quais foram incorporados pelo magma durante o seu movimento em direção à crosta.

Esta dicotomia encontrada entre as idades do diamante e a idade de sua rocha hospedeira tem sido verificada em numerosas localidades. No *pipe* de Kimberley (República Sul Africana), por exemplo, os diamantes apresentaram idade de 3,3 Ga enquanto o kimberlito foi datado em 0,1 Ga. Na Mina Finsch, neste mesmo país, o kimberlito foi

datado com idade igual ao de Kimberley, porém os diamantes apresentaram duas idades distintas, em 3,3 Ga e 1,6 Ga (Richardson *et al.* 1984), indicando que o magma coletou os diamantes em mais que um ambiente geológico na sua passagem pelo manto.

Assim sendo, a maioria dos diamantes datados se cristalizaram no manto há mais que 1 Ga, a partir de magmas peridotíticos e eclogíticos, caracterizando respectivamente os diamantes do tipo-P e do tipo-E em função das assembléias de inclusões minerais presentes (Moore & Gurney 1985). A forte dissolução ocorrida depois que os peridotitos e eclogitos foram englobados pelos magmas kimberlítico e lamproítico em ascenção, fez com que os diamantes, junto com alguns outros minerais como o piropo e a cromita, restassem como xenocristais no interior dessas últimas rochas.

Em relação à Serra do Espinhaço, considerando-se os conglomerados da Formação Sopa Brumadinho como depositados durante os estágios iniciais de sedimentação do Supergrupo Espinhaço, ocorrido a partir de 1,7 Ga (Machado *et al.* 1989, Dussin 1994), suas rochas fontes primárias devem ter idades anteriores. Esses dados por si só já evidenciam que a situação do diamante do Espinhaço é mais complexa do que a verificada na maior parte de outras grandes províncias diamantíferas do mundo.

9.1. DEPÓSITOS PRIMÁRIOS EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE CRÍTICA

Um dos assuntos mais problemáticos e que tem suscitado as maiores controvérsias no âmbito da geologia econômica de Minas Gerais, diz respeito à rocha fonte do diamante nas duas principais províncias diamantíferas da região: Espinhaço e Alto Paranaíba. Nestas áreas, mesmo que tal rocha tenha permanecido desconhecida até o presente, todas as hipóteses formuladas a seu respeito derivam-se de duas virtuais linhas antagônicas de pensamento: sua origem estaria relacionada a uma área próxima ou então a uma área distante.

Na Província Diamantífera do Espinhaço, a rocha fonte primária certamente teve sua colocação no Pré-Cambriano, já que o mineral ocorre disseminado nos conglomerados proterozóicos das formações Sopa Brumadinho (Distrito de Diamantina) e Grão Mogol (Distritos de Itacambira e Grão Mogol). Sua origem, portanto, pode estar relacionada a duas situações geográficas distintas:

- a rocha fonte estaria situada a oeste, na área do Cráton São Francisco, ou então,
- a rocha fonte estaria situada dentro dos próprios domínios da Serra do Espinhaço.

Esta última hipótese foi ardorosamente defendida pelo geocientista Djalma Guimarães, ao considerar uma origem ácida para o diamante, a partir dos filitos hematíticos e metabrechas que ocorrem intercalados nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço (Guimarães 1927,1931,1934). Até o presente momento, diversos dos "geólogos do Espinhaço" têm defendido esta idéia, embora não admitindo as fontes ácidas. Assim sendo, Almeida-Abreu & Munhóz (1983), Almeida-Abreu (1993), Fleischer (1995), entre outros, defenderam também uma origem proximal para o diamante do Espinhaço, considerando os fatos de que em muitas áreas os conglomerados do tipo Sopa constituem depósitos proximais típicos e que rochas kimberlíticas poderiam estar intrudidas no Embasamento Pré-Espinhaço da própria região, colocadas em um processo de adelgaçamento crustal (*crustal upwelling*) associado ao rifteamento da bacia.

Apesar de não constituir escopo específico do presente estudo, certas considerações devem ser levadas a respeito dos diamantes da Província do Alto Paranaíba, pois a problemática envolvida é semelhante. Nesta região, o diamante pode também ter uma origem distante ou próxima. Tompkins & Gonzaga (1989), Gonzaga & Tompkins (1991) e Gonzaga *et al.* (1994), defenderam uma origem distante, isto é, no Cráton do São Francisco, propondo um transporte dos diamantes por geleiras durante a "Glaciação Jequitaí" (neoproterozóica) na direção do Alto Paranaíba, tendo como paradigma o modelo norte-americano de distribuição pleistocênica (Glaciação Wisconsin).

Outros autores, no entanto, como Barbosa *et al.* (1970), Svisero *et al.* (1979),Barbosa (1991), Chaves (1991), e Leonardos *et al.* (1991), têm considerado a idéia de que a fonte do mineral estaria na própria região, em intrusões ultrabásicas do Cretáceo. Entre os argumentos apontados por esses autores, destacam-se os seguintes:

-o aparecimento periódico de grandes diamantes;

-o caráter proximal dos conglomerados cretácicos do tipo Romaria;

-a existência de pelo menos uma intrusão mineralizada (Três Ranchos), ainda que anti-econômica;

-a relativa distância da área cratônica, com a Glaciação Jequitaí transportando os diamantes justamente para uma área rica em intrusões kimberlíticas;

-a existência de intrusões e lavas na Serra da Mata da Corda, que poderiam incluir rochas lamproíticas diamantíferas.

Em relação a área abrangida pelo presente estudo, ou seja, envolvendo os depósitos específicos da Serra do Espinhaço e adjacências, trabalhou-se inicialmente com a hipótese de uma possível origem primária próxima para os diamantes, tendo em vista os mais recentes trabalhos que têm argumentado a favor de uma sedimentação em leques aluviais para grande parte dos conglomerados diamantíferos das imediações de Diamantina. Os

estudos sedimentológicos e de fácies sedimentares ora realizados corroboraram com a referida gênese para esses conglomerados. Entretanto, todos os dados de natureza mineralógica e gemológica obtidos foram contrários a uma origem proximal para o diamante da região. Esta situação aparentemente paradoxal será discutida com detalhes no próximo item, a partir dos dados levantados nos capítulos anteriores e em conformidade com os estudos efetuados nas duas últimas décadas nos depósitos diamantíferos africanos, da Rússia e da Austrália, sem dúvida os mais importantes do mundo.

9.2. O DIAMANTE DO ESPINHAÇO NO TEMPO E NO ESPAÇO

Certos fatos inquestionáveis devem ser inicialmente realçados, a respeito do diamante do Espinhaço, visto que envolvem três períodos distintos no tempo geológico com relação à gênese e às sucessivas distribuições no tempo e no espaço sofridas por este mineral:

(i) um período magmático de idade pré-cambriana, a respeito do qual não existe nenhum vestígio documentado, exceto os diamantes que se originaram a partir dele;

(ii) um período de redistribuição ainda no Pré-Cambriano, onde o diamante foi trabalhado no meio fluvial dentro da bacia do Espinhaço, o qual apresenta evidências escassas;

(iii) um período de redistribuição durante o Fanerozóico nos domínios da Serra do Espinhaço e dos sistemas de drenagem em direção a leste, pertencentes à bacia do Rio Jequitinhonha, ou para oeste, no âmbito da bacia do São Francisco, ambos com amplo documentário geológico disponível.

9.2.1. Modelos regionais de redistribuição

Apesar da rocha fonte do diamante não ser conhecida, o período subsequente de distribuição do mineral no meio fluvial é da máxima importância. Para o seu conhecimento, procurou-se delinear uma comparação com certos modelos envolvendo o espalhamento dos diamantes neste meio, propostos para algumas províncias diamantíferas africanas. Nos kimberlitos e lamproítos os teores médios em diamante verificados em dezenas de intrusões variam preferencialmente entre 10-100 ct/100 toneladas de rocha, sendo observada uma diminuição progressiva nos teores com o distanciamento das fontes (Helmstaedt 1993, Janse 1993).

Os estudos efetuados por Sutherland (1982) demonstraram a sistemática variação no tamanho e na classificação dos diamantes a partir de suas fontes, como resultado do transporte fluvial e marinho. Baseado em diversos depósitos do oeste (Serra Leoa) e centro da África (Zaire e Angola), este autor constatou que diamantes originados de áreas fontes restritas foram espalhados por milhares de quilômetros quadrados, verificando-se uma sistemática redução na média do tamanho dos cristais com o aumento da área transportada. Tal redução no tamanho, porém, foi acompanhada pela melhoria gemológica dos diamantes, visto que os tipos de qualidade inferior são destruídos. Assim, o valor absoluto de lotes de diamantes provenientes de depósitos secundários representa um estado de equilíbrio entre o transporte (diminuição no tamanho e no peso) e a qualificação gemológica (aumento da qualidade e do preço médio dos lotes).

Desta maneira, é provável que certas variedades como o *bort* sejam pulverizadas durante o registro geológico, depois de reduzidas a partículas muito finas. Linari-Linholm (1973) mostrou em um experimento com moinho de bolas que somente 6 horas de moagem foram necessárias para reduzir o *bort* e pedras defeituosas de M'bugi-Mayi (Zaire) para menos que 60 mesh de tamanho, isto é, partículas com peso provavelmente inferior a 0,001 ct. Com o mesmo procedimento, os diamantes da costa da Namíbia apresentando formas cristalinas, ou seja, os de qualidade gema, perderam apenas 0,01 % de seu peso, depois de 950 horas de moagem.

As proporções dos fragmentos de clivagem também decrescem fortemente com o transporte, visto que mais de 95 % dos diamantes da região costeira sul-africana são compostos de formas cristalinas inteiras (Hallam 1964), e assim praticamente 100 % das pedras podem ser consideradas como lapidáveis (*cuttable*) no sentido de Levinson *et al.* (1992).

Além disso, deve ser destacado que os kimberlitos em geral possuem um altíssimo percentual de pedras clivadas, podendo alcançar até cerca de 70 % do volume total (Williams 1932) constituindo mais uma evidência a favor do decréscimo de cristais deste tipo com o transporte. Os hábitos cristalinos simples do diamante predominantes nos kimberlitos e lamproítos são octaedros e rombododecaedros (Harris *et al.* 1975,1979, Hall & Smith 1984). O transporte porém, parece preferenciar a forma dodecaédrica, já que os depósitos da Namíbia têm uma relação desproporcionalmente alta deste hábito (Sutherland 1982), o que pode ser explicado pelo próprio fato do número superior de faces e pelo arredondamento destas causado pela dissolução, resultando em um coeficiente hidrodinâmico maior do que os apresentados pelos cristais com faces planas.

Os diamantes *ballas* constituem a única excessão relativamente importante de um tipo policristalino na região da Serra do Espinhaço, pois foram observados em todas as

localidades estudadas. A explicação para esta aparente anomalia é simples, uma vez que a forma esférica ou quase esférica deste tipo facilita o seu transporte no meio fluvial e por conseguinte a sua preservação no registro geológico. O contrário acontece com os diamantes de hábito cúbico. Nestes, o reduzido número de faces associado a sua constituição interna com múltiplas microfraturas, fazem com que os cristais em cubos sejam facimente eliminados nos diferentes meios de transporte.

É significativo ressaltar que os três microdiamantes encontrados durante o estudo não são pedaços fragmentados na clivagem, mas cristais inteiros, indicando que os fragmentos finos devem ter se pulverizado totalmente durante o processo geológico.

Desta maneira, devem ser ressaltadas as principais modificações ocorridas na morfologia cristalina do diamante, durante as diversas fases de transporte que o mineral pode sofrer com a evolução do registro geológico no tempo:

(i) Hábitos cristalinos simples - existe uma nítida modificação do predomínio do hábito octaédrico, para o hábito rombododecaédrico;

(ii) Fragmentos de clivagem - diminuem de proporção expressivamente;

(iii) *Borts* e cristais com defeitos ou muitas inclusões - são progressivamente pulverizados.

Esses dados, analisados em conjunto e comparados com os demais dados obtidos para o diamante da Serra do Espinhaço, são fortes argumentos apontando a favor de uma origem distante para o diamante da região.

9.2.2. O aporte do diamante nos conglomerados do tipo Sopa

Conforme já observado anteriormente, no presente estudo procurou-se pela primeira vez abranger a problemática da origem do diamante do Espinhaço, tendo como enfoque central sua caracterização mineralógica. Os principais dados obtidos, os quais permitiram determinar a fonte distante ora proposta são relacionados a seguir:

-uma insignificante ocorrência de cristais de alta quilatagem (Tabela 25), em comparação com os depósitos de fonte kimberlítica da África;

-os hábitos cristalinos simples constituem a maior proporção entre os diamantes das três áreas enfocadas (Tabela 32), entre estes predominando sempre o hábito rombododecaédrico;

-cristais com defeitos ou apresentando inclusões grandes são de proporção muito reduzida, inferior a 2 % em todas as áreas estudadas;

-agregados policristalinos do tipo *bort*, assim como os cubos, são raríssimos em toda a região;

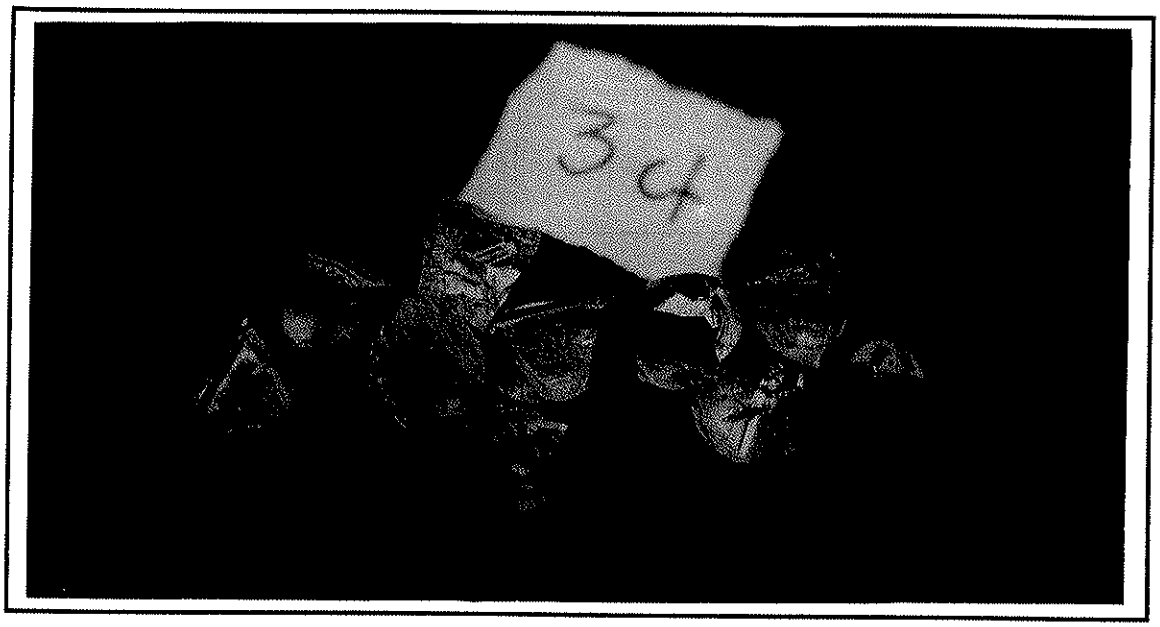
-a proporção de fragmentos de clivagem é sempre expressivamente inferior à de cristais inteiros.

Essas características, comparadas com os dados dos mais recentes estudos acerca dos diamantes de fonte secundária na África e na Austrália, indicam que a população de cristais encontrada nas várias áreas do Espinhaço é o resultado de sucessivos processos de transporte e deposição desde uma área longínqua. Como provavelmente a área-fonte alimentadora da sedimentação da bacia do Espinhaço estava a oeste, onde se localiza o Cráton do São Francisco, nesta região deveriam estar presentes as rochas primárias do diamante até hoje desconhecidas, presentemente recobertas pelo Grupo Bambuí. O transporte do mineral desde essa região até os atuais sítios onde ele se encontra, selecionou certos hábitos mineralógicos em detrimento de outros, e aumentou consideravelmente a população de diamantes de qualificação gemológica (Tabelas 45 e 46).

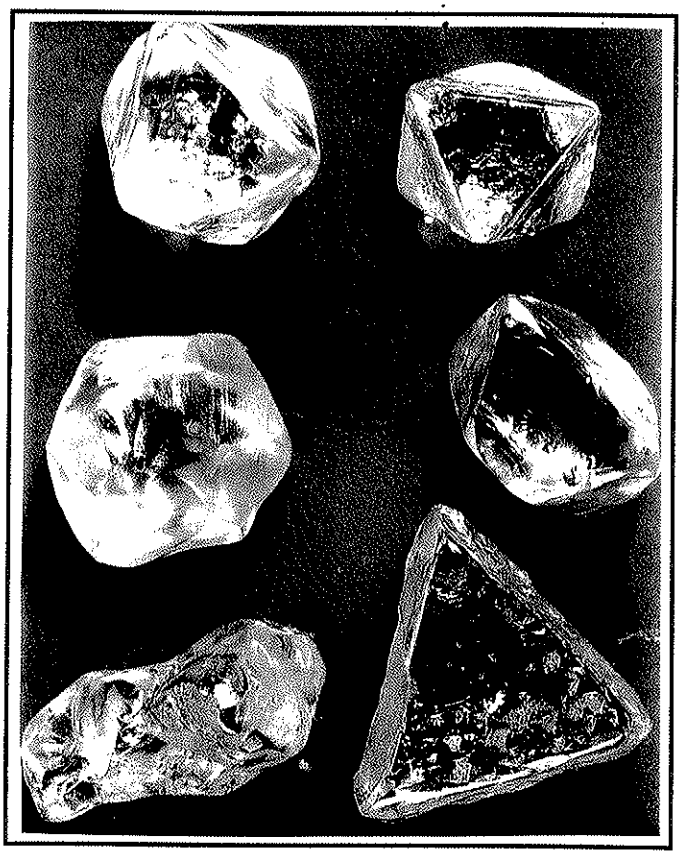
Por outro lado, alguns argumentos mineralógicos a favor de uma origem próxima para esses diamantes, não foram considerados. O mais difundido deles se baseia no fato dos cristais normalmente apresentarem arestas angulosas (por exemplo, Schöll & Turinsky 1980, Herrgesell 1984). Entretanto, a única forma de desgaste que o diamante admite é a corrosão ocorrida durante o *emplacement* de sua rocha-fonte (Svisero 1971, Sutherland 1982). Na série de fotos 23 A-C são observados diamantes de diversas procedências, mostrando que o fato do cristal possuir arestas angulosas não possui qualquer relação com o transporte por ele sofrido. Assim sendo, em um lote de cristais da região de Diamantina (coleção do Sr. Victor Siao), verificam-se cristais angulosos junto com outros arredondados (Foto 23-A). Da mesma forma, em cristais procedentes da Mina de Argyle (Austrália), onde é lavrado um lamproíto, também ocorrem juntamente cristais arredondados com outros não arredondados (Foto 23-B). Esse fato exemplifica que o grau de arredondamento apresentado por esses diamantes deve-se unicamente à dissolução natural que atuou durante a colocação da rocha fonte.

Complementando a idéia de que o arredondamento dos diamantes não possui relação com o seu transporte, na Foto 23-C destacam-se dois cristais provenientes do *placer* costeiro da Namíbia, no sudoeste africano, onde se observam arestas agudas em cristais octaédricos de 1-2 ct (fotografia reproduzida de Gurney *et al.* 1991). Esses cristais foram certamente transportados no meio fluvial por cerca de 1000 km desde a sua área fonte no planalto sul-africano e ainda, em seqüência, foram carregados por correntes marinhas por mais que 100 km até serem sedimentados naquela região durante o Pleistoceno. Mesmo assim, não apresentam qualquer evidência de desgaste mecânico.

(A)



(B)



(C)

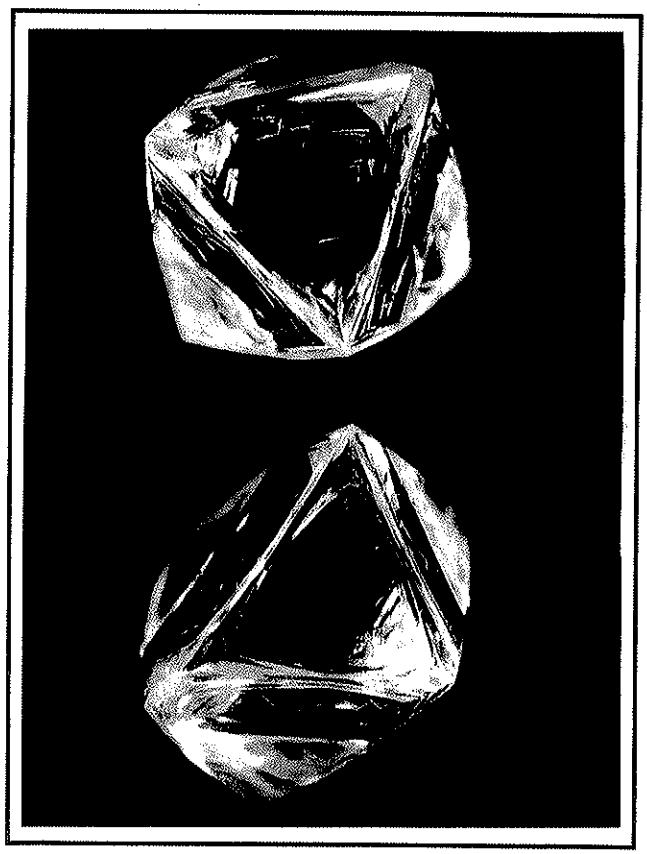


Foto 23: Diamantes de diversas procedências, mostrando que a presença de arestas agudas não possui relação com o transporte sofrido pelo cristal: (A) Cristais da região de Diamantina, mostrando variados graus de "arredondamento"; (B) Cristais variados, do Lamproíto Argyle (Austrália), (B) Cristais perfeitos, do *placer* costeiro da Namíbia (Sudoeste Africano). Reproduções fotográficas de (A) Hall & Smith (1984) e (B) Gurney *et al.* (1991).

Um outro argumento normalmente aceito é o da suposta existência de populações características de diamantes em função de sua área de origem (Freyberg 1934, Herrgesell 1984). Esta argumentação é também muito difundida entre os diamantários da região de Diamantina, os quais dizem conhecer a área de proveniência das pedras que lhes são oferecidas. Os estudos efetuados nas diversas localidades, no entanto, não confirmaram esta consideração. Na realidade, podem ocorrer aspectos característicos para diamantes de determinadas áreas, mas são feições externas aos cristais. Assim sendo, observou-se que a maioria dos diamantes do Campo de São João da Chapada apresenta capa verde densa. Muitos cristais provenientes de Datas e Extração exibem um capeamento verde muito tênue em associação com um amarelamento causado por impregnação de óxidos. Essas feições, com certeza, foram adquiridas nos meios sedimentares e/ou no metamorfismo, portanto não possuem qualquer relação com os aspectos de ordens física e cristalográfica levantadas no estudo.

Segundo constatação unânime dos pesquisadores que já atuaram na área, todos os depósitos conglomeráticos pertencentes à Formação Sopa Brumadinho na região de Diamantina são mineralizados, ou seja, independentemente da forma, espessura, matriz predominante, relação clasto/matriz, classificação e diâmetro dos fenoclastos. Portanto, neste distrito existem campos diamantíferos (ou corpos dentro de determinado campo) mais ou menos mineralizados, e este teor médio relativo deve ser em função de parâmetros outros que não envolvam os puramente sedimentológicos. Em uma região tão extensa, se existissem fontes primárias nas redondezas, deveriam ocorrer conglomerados diamantíferos e também conglomerados sem diamantes. De outra maneira, considerando-se ainda o imenso tamanho da província, provavelmente existiriam milhares de "pontos" de rochas-fontes, fossem elas kimberlíticas ou lamproíticas, para alimentarem de diamantes todos os conglomerados gerados nas adjacências, caso rochas primárias estivessem presentes na região.

Assim sendo, os parâmetros sedimentológicos enfocados, aliados às citadas características, nos conduzem a conceber uma área fonte não próxima para esses diamantes, e que as citadas variações de teores devem ter uma explicação nos processos de redistribuição dos sedimentos e que os parâmetros sedimentológicos relacionados sejam um simples reflexo do contexto local de sedimentação dentro da bacia (descritas com minúcias por Almeida-Abreu 1993). Diamantes ocorrem generalizadamente na Formação Sopa Brumadinho, principalmente nas rochas conglomeráticas, mas também em menor quantidade nos sedimentos arenosos da seqüência, semelhante ao que Thomas *et al.* (1985) descrevem em depósitos de Serra Leoa. Neste contexto geológico, a implantação de um amplo sistema fluvial entrelaçado que se associa às partes distais dos leques aluviais, permite também explicar a formidável presença de diamantes em todos os córregos que drenam a unidade.

Nos arenitos, porém, os teores são ínfimos, considerando o enorme volume desses sedimentos. A presença relativamente concentrada dos diamantes nos depósitos de leque aluvial deve-se ao processo natural de reconcentração por gravidade, uma vez que a sua densidade é maior (d=3,5) em relação ao meio arenoso (d<2,5). Estudos em depósitos de origem semelhante, como os situados ao longo do *rift* do nordeste da África demonstraram que processos como esses podem concentrar o material em uma escala superior a 100 vezes (Frostick & Reid 1987), atuando assim como se fossem grandes jigues. Os depósitos de leques aluviais dos campos de Sopa-Guinda, Datas e Extração são assim feições de âmbito localizado, fortuitamente preservadas da erosão, e que tiveram sua origem relacionada a uma sedimentação episódica controlada por tectonismo, o qual reativou antigos alinhamentos estruturais de direção norte-sul (este último fator defendido por Almeida-Abreu 1984,1993).

Desta forma, baseando-se nos argumentos discutidos nos capítulos anteriores, os quais demonstraram que geológica e mineralogicamente o diamante tem sua origem relacionada a uma região externa à bacia, e ainda, considerando o Conglomerado Sopa e seus congêneres como possuindo uma origem relativamente próxima, deve ser admitida a proposta de que certos depósitos conglomeráticos pretéritos também são diamantíferos. Esta possibilidade foi inicialmente levantada por Chaves *et al.* (1993) ao relatarem a existência de cursos d'água que não drenam a Formação Sopa Brumadinho mas que são diamantíferos.

De maneira semelhante, Martins Neto (1993) considerou possível a ocorrência de conglomerados diamantíferos na Formação São João da Chapada, ainda que este autor tenha relacionado a rocha primária a intrusões na mesma formação. Em sentido mais amplo, deve ser destacado que os níveis de conglomerados que ocorrem nas unidades sedimentares pré-Sopa Brumadinho, isto é, nas formações Bandeirinha e São João da Chapada, nunca foram pesquisados para diamantes. Esses depósitos apresentam exposições regionais esporádicas e com porte muito inferior às do Conglomerado Sopa.

O aporte do diamante nos conglomerados da Formação Sopa Brumadinho, por conseguinte, ocorreu a partir de conglomerados sedimentados preteritamente. Como o núcleo do Cráton do São Francisco estava localizado a mais que 100 km do núcleo inicial de abertura do *rift*, o diamante procedente desta área foi depositado dentro de um amplo sistema fluvial direcionado para o "proto" *rift*. As unidades sedimentares das fases iniciais do *rift* não possuem diamantes ou o possuem em quantidades irrisórias, pois não recebiam contribuição sedimentar do citado sistema fluvial. Somente após o aporte dos sedimentos originados do cráton, o que ocorreu em seguida a um provável soerguimento da área fonte, os diamantes atingiram a zona de sedimentação do Espinhaço. Os conglomerados da Formação Sopa Brumadinho foram então redepositados na forma de leques aluviais.

9.2.3. Proposta para a origem do diamante do Espinhaço

A resistência do diamante em relação ao seu desgaste físico e a fortes variações de temperatura e pressão, além de sua estabilidade química, são os melhores argumentos para considerar que esse mineral, depois de solto de sua rocha matriz, apresente uma tendência a permanecer no registro geológico. De outra forma, a relativamente baixa tenacidade do diamante, que o leva a quebrar-se quando submetido a um impacto brusco devido às suas clivagens perfeitas, atuaria somente no sentido de reduzir o seu tamanho (Sutherland 1982). Esta capacidade do diamante em resistir à maioria dos processos que ocorrem na superfície do planeta é demonstrada pela extensão de muitas das províncias diamantíferas. Na África, por exemplo, enquanto os campos de Serra Leoa cobrem cerca de 20.000 km^2 (Hall 1968), aqueles da região fronteiriça Zaire-Angola alcançam uma superfície próxima de 60.000 km^2 (Bardet 1974).

A ampla distribuição dos diamantes aluviais em diversas regiões pode ser atribuída em parte à ocorrência de múltiplas áreas fontes, como é o caso típico da região do Rio Vaal, no sul da África (De Beers 1976). Os exemplos do Zaire-Angola e de Serra Leoa, no entanto, são suficientes para demonstrar que os diamantes podem ser largamente espalhados a partir de áreas limitadas. Considerando a distribuição dos distritos diamantíferos estudados, incluindo as várias ocorrências isoladas no interior de seu perímetro, a Província do Espinhaço em Minas Gerais certamente possui uma extensão em torno de 300.000 km^2, portanto ainda superior que as maiores conhecidas no continente africano. Uma província mineralizada de tal proporção, onde os depósitos apresentam invariavelmente baixos teores e uma alta proporção de cristais com hábitos cristalinos simples, são fortes argumentos a favor de uma comparação com as regiões de Serra Leoa e do Zaire-Angola, lembrando ainda que nesses locais os depósitos são muito mais jovens (a distribuição inicial processou-se durante o Mesozóico) e assim, para os depósitos pré-cambrianos da Serra do Espinhaço, a situação é certamente mais complexa.

Os dados de natureza geológica demonstraram que existem fortes argumentos para considerar uma origem distante para o diamante do Espinhaço, e todas as evidências disponíveis apontam para um aporte desde o Cráton do São Francisco, conforme primeiramente proposto por Pflug (1965a,b). A partir de uma ou preferencialmente diversas localidades situadas no interior da zona cratônica, os diamantes foram distribuídos por extensa malha fluvial até se integrarem durante vários ciclos deposicionais ao sistema de *rift* que deu início a sedimentação do Supergrupo Espinhaço. Mitchell (1986, p.122) é enfático no que diz respeito à existência de kimberlitos nas próprias zonas de rifteamento: "*there is little*

evidence to support the contention that kimberlites are related to rift structures. In all cases where this association has been proposed it can be demonstrated that the rocks in question are not kimberlites... or that rifts have been superimposed upon pre-existing provinces. This latter situation is rare and most kimberlites show no spatial or temporal relationship to rift valleys".

Em relação aos parâmetros de natureza mineralógica, estes são ainda mais evidentes em favor de uma origem longínqua para o diamante desta região. No estudo dos minerais pesados presentes, verificou-se a ausência completa das principais fases minerais originadas de fontes kimberlíticas, e que são mais resistentes aos processos intempéricos, tais como granada piropo, ilmenita magnesiana e cromita (comparar Tabelas 16 e 17). Após extensa campanha prospectiva estes minerais não foram determinados nos conglomerados das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol, nem nos seus intraclastos de conglomerado, ou nos depósitos fanerozóicos derivados.

Acredita-se que se houvessem fontes mineralizadas nas proximidades do sítio de sedimentação das formações Sopa Brumadinho e Grão Mogol, pelo menos a granada piropo seria esperada de se encontrar, já que os outros minerais de mesma filiação ultrabásica são muito menos resistentes aos processos de transporte, metamorfismo e intemperismo sofridos pela seqüência sedimentar como um todo. Nas duas localidades onde o volume de amostragem foi maior envolvendo o Conglomerado Sopa, nas lavras Datas de Cima e Serrinha (Distrito de Diamantina), foram encontrados microdiamantes na fração fina dos pesados, sem que o piropo fosse verificado. De outra forma, a comparação com a região de Coromandel, onde ocorrem intrusões kimberlíticas e conglomerados com abundantes minerais indicadores, as granadas amostradas foram analisadas e determinadas como piropo, mostrando que estes minerais ainda resistem a processos sedimentares semelhantes ao que ocorreram no Distrito de Diamantina.

Conforme já destacado no item anterior (9.2.2), as principais características físicas e morfológicas do diamante e as suas freqüências relativas nos diversos parâmetros levantados no decorrer do presente estudo, também são indicativos de uma origem relativamente distante para o diamante do Espinhaço. Assim, a reduzida freqüência de cristais de alta quilatagem, a predominância de hábitos simples como o rombododecaedro, e a ausência quase completa de tipos como cubos, fragmentos e *borts*, fatores que associados resultam em uma forte predominância de diamantes gemológicos, constituem argumentos inevitáveis de comparação com os depósitos de origem longínqua do noroeste e sudoeste africano, em detrimento a comparações com os diamantes proximais do planalto sul-africano e do noroeste de Austrália.

Particularmente ao Distrito de Grão Mogol, diversas evidências indicam que o diamante nesta região possui uma origem algo mais próxima, apesar de outros fatores envolvidos também apontarem para uma fonte extra bacia. São evidências de uma origem mais próxima, a presença, embora rara, de carbonados, *borts* e cubos, os quais praticamente inexistem na região de Diamantina. Os dois primeiros constituem tipos policristalinos que por suas próprias características não suportam longos transportes e, da mesma maneira que os cubos, com seus complexos arranjos internos microfraturados, são incomuns em depósitos ressedimentados. A presença destes tipos, conseqüentemente, resulta em uma percentagem menor de diamantes gemas. Ainda assim, os dados gerais sobre os hábitos monocristalinos verificados (Tabela 30), corroboram com uma origem "distante" para o diamante da região de Grão Mogol.

Com o intuito de sintetizar as informações compiladas no decorrer deste estudo, as Figuras 50 e 51 mostram o possível esquema evolutivo da seqüência dos fenômenos que atuaram na região do Espinhaço, desde a colocação das fontes primárias na região cratônica até a sua ampla distribuição moderna nos aluviões.

Apesar de não serem conhecidas, as intrusões portadoras de diamantes ocorreram na área cratônica possivelmente no final do Paleoproterozóico. Haggerty (1986) ressaltou os argumentos apontados pela "Regra de Clifford", segundo a qual as zonas cratônicas, caracterizadas por longo período de estabilidade tectônica e por apresentarem baixo gradiente geotérmico, constituem as principais áreas de intrusão de rochas kimberlíticas (Figura 50-A). O início do magmatismo pode ser associado com a chegada de plumas do manto ou a processos metassomáticos intralitosféricos (Mitchell 1986). Provavelmente no início do Mesoproterozóico, com a erosão da área cratônica e a conseqüente formação de bacias periféricas, os diamantes foram transportados para leste, na direção do que pode ser designado de "proto" *rift* do Espinhaço (Figura 50-B). Ainda nesta época, com a abertura do *rift*, as formações basais do Supergrupo Espinhaço foram depositadas, porém ainda sem receber a contribuição decisiva do sistema fluvial pericratônico (Figura 50-C), o que ocorreu somente em um estágio posterior com o soerguimento da área fonte e a conseqüente deposição dos conglomerados diamantíferos estudados nesta Tese (Figura 50-D).

A Figura 51 mostra o modelo de evolução geológica proposto para o Fanerozóico nesta Tese. Tal modelo foi inicialmente configurado para a porção oeste da Serra do Espinhaço, abrangendo os depósitos da região da Serra do Cabral e adjacências (Chaves *et al.* 1994, Karfunkel & Chaves 1994,1995). Nesta nova apresentação, inclui-se a parte leste da serra, levando assim em consideração os conglomerados cretácicos pertencentes a paleobacia do Rio Jequitinhonha, descobertos no decorrer do presente estudo (Chaves *et al.* 1997). Segundo este modelo, após longo estágio de calma tectônica, o soerguimento da

Serra do Espinhaço ocorrido durante o Cretáceo Inferior permitiu a deposição de conglomerados fluviais nas protobacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha, a oeste e leste da serra respectivamente (Figura 51-A).

Esta fase sedimentar é comprovada pelos sedimentos reliquiares preservados na cota de ±1000 m nas áreas da Serra do Cabral (a oeste) e de Senador Mourão-Senador Modestino Gonçalves (a leste). Os depósitos do Cretáceo foram fortemente erodidos durante um novo soerguimento ocorrido no período limítrofe entre o Plioceno e o Pleistoceno (King 1956, Saadi 1995). A oeste do Espinhaço porém (Figura 51-B), o talho da erosão foi mais forte que a leste, pela estruturação da Serra do Cabral, onde a presença de quartzitos do Supergrupo Espinhaço em meio aos metassedimentos pelíticos dos grupos Macaúbas e Bambuí permitiu um soerguimento mais enérgico. A leste do Espinhaço, o corte provocado pela erosão foi mais suave (Figura 51-B1), no entanto como a sedimentação fluvial cretácica foi restrita neste lado serrano, as exposições reliquiares são ainda mais raras que a oeste.

No início do Quaternário, a continuação do soerguimento regional permitiu a formação dos depósitos fanglomeráticos, típicos da borda norte da Serra do Cabral, onde o diamante foi novamente reconcentrado (Figura 51-C). Na porção leste da serra, com o soerguimento e a erosão previamente abortados, não ocorreu a sedimentação de fanglomerados, mas com o nivelamento dos depósitos do Cretáceo formaram-se cascalheiras coluvionares ("gorgulhos"), as quais são mineralizadas em numerosas áreas por receberem o diamante de diversas unidades distintas (Figura 51-C1). Em ambas as situações, o diamante foi novamente transportado em direção ao sistema fluvial moderno, a partir de todas as seqüências anteriormente descritas (Figuras 51-C e 51-C1).

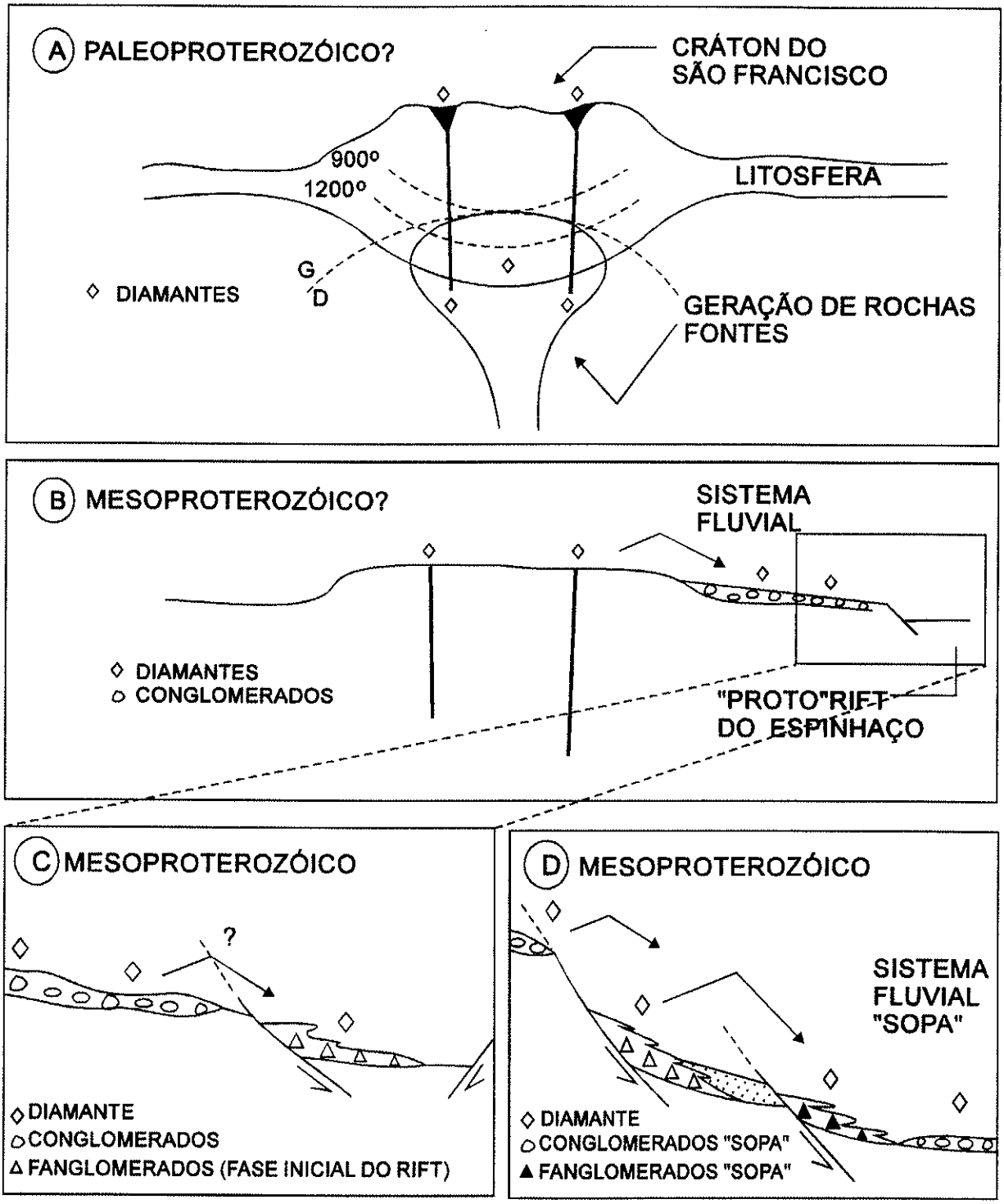


Figura 50: Modelo esquemático do aporte dos diamantes na bacia do Espinhaço no Pré-Cambriano. Limite da estabilidade mineral, G = Grafita, D = Diamante. Esquema em (A) modificado parcialmente de Haggerty (1986).

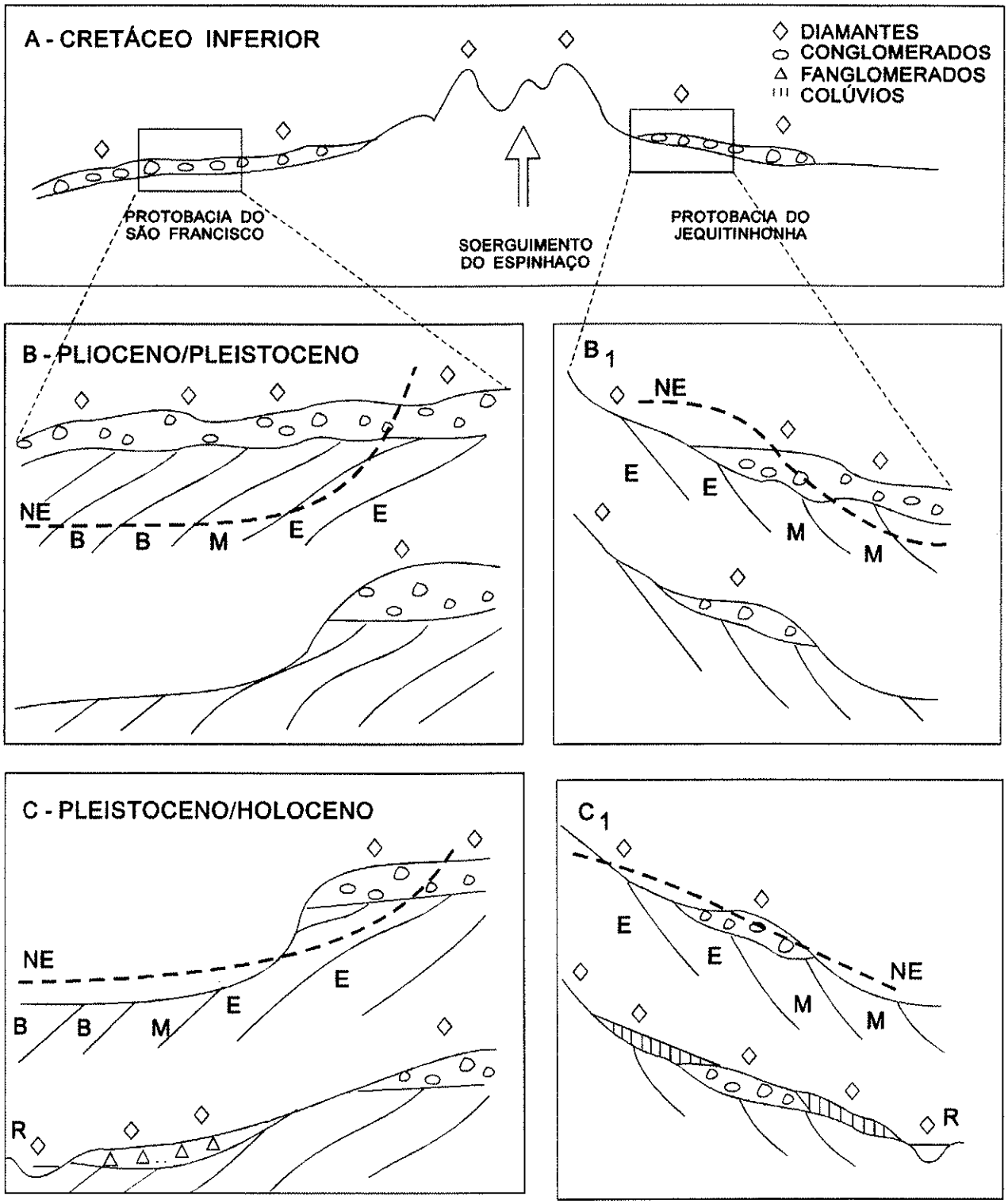


Figura 51: Modelo esquemático de redistribuição do diamante a partir do Cretáceo Inferior. Unidades litoestratigráficas: E = Supergrupo Espinhaço, M = Grupo Macaúbas, B = Grupo Bambuí. NE = Nível erosional, R = Aluvião recente.

10. CONCLUSÕES

Não existe ainda, e provavelmente nunca será encontrada uma prova definitiva assegurando uma origem do diamante da Serra do Espinhaço a partir de fontes distantes, na região do Cráton do São Francisco, conforme a proposição da presente Tese de Doutoramento. Esta prova passaria pela descoberta, na área cratônica, de rochas ultrabásicas como kimberlitos e lamproítos, segundo o modelo clássico de colocação de tais rochas proposto por Clifford (1970) para os depósitos africanos e que tem encontrado outros exemplos similares em diversas outras regiões do mundo (vide, por exemplo, os trabalhos de Haggerty 1986 e Janse 1994). Como porém, a porção cratônica do sudeste brasileiro na sua maior parte está recoberta pelos sedimentos plataformais do Grupo Bambuí, os quais podem atingir até 1000 m de espessura, considera-se assim muito remota a possibilidade de se encontrar *pipes* daquelas rochas.

Quanto à possibilidade de uma origem próxima, que nos últimos anos voltou a ser defendida pela maioria dos geólogos que atuam no Espinhaço, todos os parâmetros geológicos, mineralógicos e gemológicos possíveis que permitissem sua comprovação foram sistematicamente testados. É interessante ressaltar que tais geólogos não fizeram propriamente estudos sobre o diamante, em antecedência às considerações de ordem genética que teceram. Estes autores preferiram basear-se em modelos teóricos envolvendo extensas regiões, sem dar a importância devida ao principal ponto que a questão abrange: o diamante, suas características e seus minerais indicadores.

Relacionando tais parâmetros, conforme os objetivos deste estudo, entre os geológicos e os mineralógicos, podemos tecer as considerações expostas a seguir.

Em termos geológicos gerais e da mineralogia dos pesados:

(1) O Conglomerado Sopa, considerado um depósito proximal, teve a sua matriz analisada em todos os locais onde esta se apresenta micácea, ou seja, originalmente mais argilosa e, por isso, possível de preservar certos elementos traços mais resistentes ao metamorfismo superimposto. Não se encontrou qualquer evidência de anomalia, ao contrário da matriz de certos conglomerados da região de Coromandel, considerados da mesma forma como depósitos proximais, e que foram também analisados visando comparações específicas entre ambas as regiões;

(2) A existência de pelo menos dois estágios distintos de geração de conglomerados anteriormente à deposição do Conglomerado Sopa, conforme observado pela presença de clastos dentro de clastos, evidencia que ocorreram dois ou mais períodos pretéritos envolvendo diagênese, soerguimento e erosão. Ou seja, mesmo se considerando o

caráter proximal do Conglomerado Sopa, não existe a necessidade de que os diamantes tenham uma rocha primária nas imediações do sítio de sedimentação;

(3) Foi visto que os teores médios em diamante nos kimberlitos e lamproítos variam preferencialmente entre 10 e 100 ct/100 toneladas de rocha (Helmstaedt 1993, Janse 1993). Levando-se em consideração uma densidade média de 3,0 para essas rochas, isto significa teores gerais entre 1 a 3 ct/m^3, muito embora o lamproíto de Argyle (Austrália) apresente o teor excepcional de 18 ct/m^3. Os conglomerados diamantíferos do Espinhaço apresentam um fator de diluição muito mais alto, com teores médios variando entre 0,01 e 0,10 ct/m^3 em todos os seus locais de ocorrência.

(4) Existindo fontes próximas, alguns dos minerais mais resistentes aos processos de intemperismo e ao metamorfismo superimposto ao Supergrupo Espinhaço poderiam ter sobrevivido. Neste sentido foi procurado diretamente um dos minerais talvez resistente a estes processos, isto é, a granada piropo. Uma extensa amostragem de prospecção de minerais pesados envolvendo os conglomerados e os clastos de conglomerados, assim como os sedimentos aluvionares derivados, não revelou a presença deste ou de outros minerais, ainda que tivesse determinado a presença de diversos minerais nunca descritos antes em toda a região.

Em termos da mineralogia e da gemologia do diamante:

(1) Diamantes de fontes primárias possuem características próprias, conforme reveladas pelo estudo de milhares de cristais de kimberlitos africanos e dos lamproítos australianos (Harris *et al.* 1975,1979, Hall & Smith 1984). Entre estas, ressaltam-se os predomínios de cristais quebrados e a presença dos tipos *borts*. No Espinhaço em geral, ao contrário, essas formas são raríssimas e em diversos locais elas praticamente não ocorrem;

(2) Kimberlitos se caracterizam pela maior proporção de cristais com hábito octaédrico em relação aos de hábito rombododecaédrico. Esta última forma é típica de depósitos sedimentares distantes, pelas próprias condições hidrodinâmicas que ela originalmente apresenta, ou seja, maior número de faces, as quais são arredondadas pela dissolução natural atuante no meio magmático. No Espinhaço os rombododecaedros são predominantes;

(3) É muito baixo o percentual de diamantes de qualidade gemológica nas rochas primárias, em relação aos diamantes designados de "industriais". Além da já mencionada alta freqüência de cristais quebrados e dos *borts*, também são altas as taxas de cristais com inclusões e/ou jaçados, cristais geminados e monocristais de hábito não gemológico, como o cubo. Quantificando esses dados, kimberlitos e lamproítos apresentam normalmente entre 5 e 20 % de cristais gemológicos (Janse 1993). O mais alto teor conhecido

é o do *pipe* lamproítico de Ellendale (Austrália), que apresenta cerca de 60 % de diamantes gemas. No Espinhaço, tais valores variam entre 80 e 90 % de gemas, alcançando porém em Jequitaí um máximo de 97 %. São dados muito semelhantes aos encontrados na costa africana da Namíbia, onde os diamantes além do transporte fluvial, sofreram reconcentração em zonas de ressaca do ambiente marinho raso, e assim quase 100 % dos seus diamantes são gemológicos.

Em suma, os estudos desenvolvidos no decorrer desta Tese evidenciam que os diamantes da Serra do Espinhaço são relacionados a três períodos no tempo geológico. O primeiro período, magmático, ocorreu nos primórdios do Proterozóico, a respeito do qual não existe qualquer vestígio exceto a presença dos próprios diamantes. O segundo período envolve a redistribuição fluvial dos diamantes em várias fases desde o Mesoproterozóico dentro da bacia do Espinhaço, apresentando registros escassos e que tem no Conglomerado Sopa sua principal prova reliquiar. O terceiro e último período de redistribuição, ocorreu a partir do Cretáceo na própria área da Serra do Espinhaço e nos seus sistemas fluviais direcionados para leste (bacia do Rio Jequitinhonha) e para oeste (bacia do Rio São Francisco), apresentando farto documentário geológico disponível porém ainda pouco estudado.

O problema da gênese dos diamantes da Serra do Espinhaço, envolto por um manto de dúvidas durante mais que dois séculos, certamente continuará ainda por bastante tempo alvo de discussões. Este trabalho enfocou temas diversos com o objetivo de se levantar este manto. As respostas obtidas, no entanto, não serão suficientes para satisfazer o ponto central da discórdia: o posicionamento das rochas fontes primárias. Todos os dados fornecidos na Tese são indicadores de uma origem dos diamantes a partir de fontes longínquas, no núcleo do Cráton do São Francisco.

Para se comprovar o contrário, torna-se necessário o encontro de kimberlitos e/ou lamproítos mineralizados intrudidos nas seqüências do Supergrupo Espinhaço, além da ligação entre estes e os depósitos conglomeráticos diamantíferos. Apesar da pesquisa de tais rochas na região ter sido tentada e abandonada diversas vezes, certamente os trabalhos de prospecção neste sentido continuarão, respondendo aos avanços tecnológicos e inovadores da indústria mineradora. O estudo acadêmico ora realizado teve suas limitações no sentido de que as amostragens de minerais pesados e dos diamantes foram restritas. Se por um lado a ausência de minerais indicadores não ser inteiramente conclusiva a respeito da não existência de rochas primárias na região, considera-se que os principais aspectos quanto a mineralogia do diamante aqui levantados, a maior parte deles inéditos, são muito semelhantes com populações de depósitos de origem distante, e totalmente diferentes daquelas de depósitos proximais conhecidos em todo o mundo.

11. AGRADECIMENTOS

O autor da presente Tese de Doutoramento expressa aqui o seu sincero agradecimento às seguintes pessoas, sem as quais não poderia ter levado a contento esta obra:

-Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero (USP), pela orientação, acompanhamento e estímulo no estudo em geral, e Prof. Dr. Joachim Karfunkel (UFMG), pela co-orientação, participação nos trabalhos de campo e discussões sobre a gênese dos diamantes do Espinhaço;

-Prof. Dr. Jacques Pierre Cassedanne (UFRJ), pela colaboração geral na temática sobre minerais pesados;

-Dr. Roberto Stasiulevicius (CNEN/CDTN), pela importante contribuição fornecida nas análises por ativação com nêutrons em diamantes e discussões gerais sobre este e outros assuntos;

-Dr. Andreas Hoppe (HLFB, Wiesbaden, Alemanha), pelas análises de fluorescência de raios X fornecidas;

-Dr. Ronald Fleischer (Min. Rio Novo), pela gentileza da permissão e acompanhamento nos estudos sobre o diamante do Rio Jequitinhonha;

-Prof. Carlos Alberto Medeiros Casanova (FURGS), pela colaboração na obtenção das fotografias no microscópio eletrônico de varredura;

-Mineralogista André Gerold Banko (Universidade de Viena, Áustria), pelas fotografias de inclusões nos diamantes e discussões mineralógicas gerais;

-Geólogos Sérgio Henrique Ribeiro e João Eduardo Addad, pelas discussões gerais e acompanhamentos de campo;

-Engenheiros de Minas Paulo Akira-Ono (Eminosa Mineração) e José Samuel Raffaelli Filho (Mineração do Sudoeste), pelas informações e facilidades concedidas nas minas dos Caldeirões e do Campo Sampaio, respectivamente;

-Química Maria Judite Camargos (UFMG), pela valiosa contribuição na separação de minerais pesados;

-Bolsistas (UFMG) Adolfo Baeta de Medeiros, Maximiliano de Souza Martins e Nathan da Silva Bastos Sobrinho, pelas colaborações gerais;

-Comerciantes de diamantes Zico e Zinho (Datas), Victor Siao (Diamantina), Valdeir (Grão Mogol), Hermes (Jequitaí/Pirapora) e Marssilom (Coromandel), pela permissão de examinar populações de diamantes das respectivas localidades;

-Geóloga Karina Roberta Baldin Vancini (USP), pelo capricho, carinho e paciência na arte-finalização deste trabalho.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, A.A. de (1982) - *Análise geomorfológica: reflexão e aplicação (Uma contribuição ao conhecimento das formas do relevo do Planalto de Diamantina - MG).* Tese de Livre Docência, FFLCH/USP, 345p., São Paulo (Inédita).

Abreu, S.F. (1960) - *Recursos minerais do Brasil.* Instituto Nacional de tecnologia, v.1, 471 p., Rio de Janeiro.

Alkmin, F.F., Brito Neves, B.B. & Alves, J.A.C. (1993) - Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A., eds., *O Cráton do São Francisco*, SBG/SGM/CNPq, p.45-62, Salvador.

Almeida-Abreu, P.A. (1981) - *Projeto Mapeamento Geológico do Espinhaço Meridional, Relatório da Quadrícula São João da Chapada.* Convênio DNPM-CPRM/UFMG-Centro de Geologia Eschwege, 45p., Diamantina (Inédito).

Almeida-Abreu, P.A. (1984) - The influence of tectonic activities in the formation of deltas, spacial compartment and the evolution of the lower proterozoic sedimentary environment in the Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 56:109.

Almeida-Abreu, P.A. (1993) - *A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil.* Tese de Doutoramento, Albert-Ludwigs-Universität, 150p., Freiburg (Inédita).

Almeida-Abreu, P.A. & Munhóz, D.T.V. (1983) - A reconstituição paleogeográfica e o estudo dos minerais pesados como indicativos de áreas fontes primárias dos diamantes da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1983. *Anais*... Belo Horizonte, SBG-MG, p.219-234.

Almeida-Abreu, P.A.; Fogaça, A.C.C.; Knauer, L.G.; Hartmann, M.B. & Pflug, R. (1987) - Revisão da estratigrafia e sedimentologia da Formação Sopa-Brumadinho na Serra do Espinhaço Meridional - Minas Gerais. In: ANAIS DO SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO PRÉ-CAMBRIANO, Ouro Preto, 1987. *Anais*... Ouro Preto, SBG-MG, p.69-83.

Alvarenga, C.J.S. (1982) - Comportamento estratigráfico da Formação Sopa-Brumadinho no Distrito Diamantífero de Extração (Diamantina-MG). In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. *Anais*... Salvador, SBG-BA, v.3, p.168-176.

Andrada e Silva, J.B. (1792) - Mémoire sur les diamants du Brésil. *Annales de Chimie et Physique*, 15:82-88, Paris.

Baldock, J.W.; Hepworth, J.V. & Marengwa, B.S. (1976) - Gold, base metals, and diamonds in Botswana. *Economic Geology*, 71:139-156.

Barbosa, O. (1951) - Contribuição à origem do diamante em Diamantina, Estado de Minas Gerais. *Boletim DNPM/DGM*, 136, 37p., Rio de Janeiro.

Barbosa, O. (1991) - *Diamante no Brasil: histórico, ocorrência, prospecção e lavra.* Publicação CPRM, 136p., Brasília.

Barbosa, O.; Braun, O.P.G.; Dyer, R.C. & Cunha, C.A.B.R. (1970) - Geologia da região do Triângulo Mineiro. *Boletim DNPM/DFPM*, 136, 140p., Rio de Janeiro.

Barcelos, J.H. (1979) - *Arenitos cretácicos do Alto Paranaíba (MG): proveniência e ambientes de sedimentação.* Tese de Doutoramento, IG/USP, 181 p., São Paulo (Inédita).

Bardet, M.G. (1974) - *Géologie du diamant. Deuxième partie: gisements de diamant d'Afrique.* Memoires du B.R.G.M., 83, 226 p., Paris.

Bonfim, L.F.C. & Pedreira, A.J. (1990) - *Lençóis: Folha SD.24-V-A-V, Estado da Bahia, texto explicativo.* Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. DNPM/CPRM, 129p., Brasília.

Bousquet, E.L. (1935) - *Exposição dos serviços executados na Mina da Boa Vista em Diamantina durante o anno de 1934.* Companhia Brasileira Diamantífera, 2p., Rio de Janeiro (Relatório Inédito).

Branner, J.C. (1919) - Outline of the geology of Brazil to accompany the geological map of Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*, 30:189-338.

Brichta, A. (1981) - *Zur Sedimentologie und Genese der diamantfuehrenden Konglomerate von Diamantina, Minas Gerais (Unteres Proterozoikum, Ostbrasilien).* Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Albert-Ludwigs-Universität, 79p., Freiburg (Inédita).

Brito Neves, B.B. & Alkmin, F.F. (1993) - Cráton: evolução de um conceito. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A., eds., *O Cráton do São Francisco*, SBG/SGM/CNPq, p.1-10, Salvador.

Brito Neves, B.B.; Kawashita, K.; Cordani, U.G. & Delhal, J. (1979) - A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço; dados novos e integração. *Revista Brasileira de Geociências*, 9:71-85.

Brouwer, M.H.-A (1920) - Sur la nature du conglomérat diamantifère de Diamantina (Brésil). *Comptes Rendus des Séances de l'Academie de Sciences*, 171:402-404, Paris.

Bruni, M.A.L.; Almeida, J.T. & Bruni, D.C. (1974) - *Carta geológica do Brasil ao milionésimo, Folha Rio São Francisco (SC.23).* DNPM, 55p., Brasília.

Burton, R. (1869) - *Explorations of the highlands of the Brazil with a full account of the gold and diamond mines.* Tinsley Brothers, 2 v., 443p., 478p., London.

Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A. & Gonzaga, G.M. (1993) - O potencial diamantífero do Conglomerado Abaeté no NW de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DO DIAMANTE, 1, Cuiabá, 1993. *Anais*... Cuiabá, UFMT, p.107-113.

Capistrano, F.A. & Nogueira Neto, J.A. (1980) - *Projeto Mapeamento Geológico do Espinhaço Meridional, Relatório da Quadrícula São João da Chapada*. Convênio DNPM-CPRM/UFMG-Centro de Geologia Eschwege, 69p., Diamantina (Inédito).

Carvalho, A.S. (1982) - *Geologia e gênese das mineralizações de quartzo no Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil.* Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, 94p. (Inédita).

Carvalho, R.T. & Epstein, A.H.L. (1967) - *A geologia da folha de Pirapora.* Relatório DNPM/Geoexplorações, 62p., Rio de Janeiro (Inédito).

Cassedanne, J.P. (1972) - A prospecção aluvionar e suas possibilidades. *Mineração Metalurgia*, 342:6-9.

Cassedanne, J.P. & Cassedanne, J.O. (1973) - As favas e suas possíveis utilizações em prospecção diamantífera. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracajú, 1973. *Anais*... Aracajú, SBG-NE, v.2, p.495-498.

Cassedanne, J.P. & Cassedanne, J.O. (1974) - Les anatases de Diamantina (Minas Gerais): minéralogie et importance paléogéographique. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46:83-97.

Cassedanne, J.P. & Cassedanne, J.O. (1975) - Note sur la lazulite de la région de Diamantina (MG). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47:283-288.

Cassedanne, J.P. & Chaves, M.L.S.C. (1991) - Ocorrências de senaíta na região de Presidente Kubitschek, Minas Gerais. *Revista da Escola de Minas*, 25: 133-135.

Censier, C. & Tourenq, J. (1995) - Crystal forms and surface textures of alluvial diamonds from the western region of the Central African Republic. *Mineralium Deposita*, 30:314-322.

Chaves, M.L.S.C. (1987) - Novas contribuições à geologia da região de Diamantina (MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4, Belo Horizonte, 1987. *Anais*... Minas Gerais, SBG-MG, p.72-87.

Chaves, M.L.S.C. (1988) - Metaconglomerados diamantíferos da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais). *Revista de Geologia*, 1:71-82.

Chaves, M.L.S.C. (1991) - Seqüências cretácicas e mineralizações diamantíferas no Brasil Central: considerações preliminares. *Geociências*, 10:231-245.

Chaves, M.L.S.C. (1992) - Crichtonita: um mineral raro descrito pela primeira vez no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1991. *Anais*... São Paulo, SBG-SP/PR, v.2, p.1-2.

Chaves, M.L.S.C. (1995) - *Geologia, estratigrafia e caracterização dos depósitos diamantíferos da região de Botumirim.* Relatório Final de Pesquisa, PRPq/UFMG, 14p., Belo Horizonte (Inédito).

Chaves, M.L.S.C. & Karfunkel, J. (1994) - Novas ocorrências de euclásio em Minas Gerais. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 25:53-60.

Chaves, M.L.S.C. & Svisero, D.P. (1993) - Características geológicas e origem dos conglomerados diamantíferos das regiões de Diamantina (Mesoproterozóico) e de Romaria (Cretáceo Superior), Minas Gerais. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 24:49-57.

Chaves, M.L.S.C. & Uhlein, A. (1991) - Depósitos diamantíferos da região do Alto/Médio Rio Jequitinhonha, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T. & Coelho, C.E.S., eds., *Principais depósitos minerais do Brasil*, v.IV-A. DNPM/CPRM, p.117-138, Brasília.

Chaves, M.L.S.C.; Dossin, I.A.; Uhlein, A. & Alvarenga, C.J.S. (1985) - *Projeto Mapeamento Geológico do Espinhaço Meridional, Relatório da Quadrícula Sopa.* Convênio DNPM-CPRM/UFMG-Centro de Geologia Eschwege, 62p., Diamantina (Inédito).

Chaves, M.L.S..C.; Dossin, I.A. & Rudnitzki, B.D. (1988) - Geologia e paleoambientes de sedimentação do Supergrupo Espinhaço na região do Alto Rio Paraúna (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG, v.2, p.617-632.

Chaves, M.L.S.C.; Dupont, H.; Karfunkel, J. & Svisero, D.P. (1993) - Depósitos diamantíferos de Minas Gerais: uma revisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DO DIAMANTE, 1, Cuiabá, 1993. *Anais...* Cuiabá, UFMT, p.79-100.

Chaves, M.L.S.C.; Karfunkel, J. & Pena, J.L.M. (1994) - Depósitos coluviais diamantíferos da região de Jequitaí-Francisco Dumont, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário Camboriú, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG, v.1, p.189-190.

Chaves, M.L.S.C.; Karfunkel, J. & Ribeiro, S.H. (1996) - A protobacia do Rio Jequitinhonha durante o Eocretáceo e seu potencial diamantífero. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, Águas de São Pedro, 1996. *Boletim do...* Rio Claro, UNESP, p.195-198.

Chaves, M.L.S.C.; Karfunkel, J. & Wegner, R. (1997) - Diamantvorkommen von Grão Mogol: Geologische und gemmologische Untersuchungen in Minas Gerais, Brasilien. *Geowissenschaften*, 15:73-78.

Chieregati, L.A. (1989) - *Aspectos mineralógicos, genéticos e econômicos das ocorrências diamantíferas da região nordeste do Paraná e sul de São Paulo.* Tese de Mestrado, IG/USP, São Paulo, 180p. (Inédita).

Clark, C.D. & Davey, S.T. (1984) - One-phonon infrared absorption in diamond. *Journal of Physics*, C17:1127-1140.

Clifford, T.N. (1970) - The structural framework of Africa. In: Clifford, T.N. & Glass, I.G., eds., *African magmatism and tectonics*. Oliver and Boyd, p.1-26, Edinburgh.

Collins, A.T. (1982) - Colour centres in diamond. *Journal of Gemology*, 18:37-75.

Colony, R.J. (1923) - An unusual quartz-diamond intergrowth. *American Journal of Science*, 5:400-402.

Correns, C.W. (1932) - Über die Diamantlagerstätten des Hochlandes von Diamantina, Minas Gerais, Brasilien. *Zeitschrift für Praktische Geologie*, 40:161-181.

Custers, J.F.M. (1952) - Unusual phosphorescence of a diamond. *Physica*, 8:489-496.

Davidson, C.F. (1962) - Discussion. Uraninite-scheelite placers of the River Indus. *Economic Geology*, 57:456-457.

Davies, G. (1971) - Some properties of nitrogen in diamonds. *Journal of Physics and Chemistry of the Solids*, 51:1191-1197.

Dawson, J.B. (1971) - Advances in kimberlite geology. *Earth-Science Reviews*, 7:187-214.

De Beers (1976) - Diamonds. In: Coetzee, C.B., ed., *Mineral resources of the Republic of South Africa*. Department of Mines, Geological Survey, p.17-30, Pretoria.

Deer, W.A.; Howie, R.A. & Zussman, J. (1966) - *An introduction to the rock-forming minerals*. Longmans, 528p., London.

Derby, O.A. (1878) - Contribuições para o estudo da geologia do vale do São Francisco. *Archivos do Museu Nacional*, 4:87-119, Rio de Janeiro.

Derby, O.A. (1879) - Observações sobre algumas rochas diamantíferas da Província de Minas Gerais. *Archivos do Museu Nacional*, 4:1 21-132, Rio de Janeiro.

Derby, O.A. (1882) - Modes of occurrence of the diamond in Brazil. *American Journal of Science*, 24:34-42.

Derby, O.A. (1899) - On the association of argilaceous rocks with quartz veins in the region of Diamantina, Brazil. *American Journal of Science*, 7:341-356.

Derby, O.A. (1900) - Notes on monazite. *American Journal of Science*, 10:217-221.

Derby, O.A. (1906) - The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journal of Geology*, 14:314-401.

Derby, O.A. (1911) - Speculations regarding the genesis of the diamond. *Journal of Geology*, 19:627-631.

Dossin, I.A. & Dardenne, M.A. (1984) - Geologia da borda ocidental da Serra do Cipó, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*... Rio de Janeiro, SBG, v.3, p.3104-3117.

Dossin, I.A.; Uhlein, A. & Dossin, T.M. (1984) - Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v.2, p.3118-3132.

Dossin, I.A.; Chaves, M.L.S.C.; Uhlein, A. & Alvarenga, C.J.S. (1985) - Geologia e depósitos diamantíferos da região de Sopa, Diamantina - MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Minas Gerais, SBG-MG, p.276-290.

Dossin, I.A.; Garcia, A.J.V.; Uhlein, A.; Dardenne, M.A. & Dossin, T.M. (1987) - Fácies eólico na Formação Galho do Miguel, Supergrupo Espinhaço, MG. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO PRÉ-CAMBRIANO, Ouro Preto, 1987. Anais... Ouro Preto, SBG-MG, p.85-96.

Dossin, I.A.; Dossin, T.M. & Chaves, M.L.S.C. (1990) - Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais - os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Revista Brasileira de Geociências*, 20:178-186.

Draper, D. (1920) - The high level diamond-bearing breccias of Diamantina, Brazil. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 23:43-51.

Draper, D. (1923) Additional evidence regarding the origin of the high level diamond-bearing breccias of Diamantina, Brazil. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 26:7-12.

Drumond, J.B.V.; Sperling, E. & Raposo, F.O. (1980) - *Projeto Porteirinha-Monte Azul, Relatório Final.* DNPM/CPRM, 559p., Belo Horizonte (Inédito).

Du Toit, A.L. (1927) - *A geological comparison of South America with South Africa.* Carnegie Institution, Publication 381, 157p., Washington.

Dupont, H. (1991) - Jazida aluvionar de diamante do Rio Jequitinhonha em Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T. & Coelho, C.E.S., eds., *Principais depósitos minerais do Brasil*, v.IV-A. DNPM/DPRM, p.139-154, Brasília.

Dussin, T.M. (1994) - *Associations volcano-plutoniques de l'Espinhaço Meridional (SE-Bresil).* These de Docteurement, Universite d'Orleans, Orleans, 177 p. (Inédita).

Dussin, T.M.; Dossin, I.A.; Chavert, J. & Bonhomme, M.G. (1995) - K-Ar chronology of mesozoic dyke swarm from Southern Espinhaço region (SE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 8:47-54.

Dyer, H.B.; Raal, F.A.; Dupreez, L. & Loubser, J.M.N. (1965) - Optical absorption features associated with paramagnetic nitrogen in diamond. *Philosophical Magazine*, 8:763-774.

Egydio da Silva, M. & Uhlein, A. (1985) - Análise da deformação finita nos metaconglomerados da região de Datas e Guinda, MG. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE

MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. *Anais*... Minas Gerais, SBG-MG, p.125-139, Belo Horizonte.

Elliot, R.J. (1960) - Speculation on the centres formed by nitrogen in diamond. *Proceedings of the Physical Society of London*, 76:787-791.

Eschwege, W.L. von (1822) - *Geognostisches Gemälde von Brasilien und wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten*. Landes-Industrie-Comptoir, 44p., Weimar.

Eschwege, W.L. von (1833) - *Pluto Brasiliensis*. Reimer, 622p., Berlin (Tradução de D.F. Murta, Itatiaia/EDUSP, 222+306p., Belo Horizonte).

Esperança, S.; Murray, D.C.; Lambert, D.D. & Svisero, D.P. (1995) - The major and trace element geochemistry of garnets from the Vargem 1 kimberlite pipe, Minas Gerais State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 67:293-306 (Suplemento 2).

Evans, T. & Phaal, C. (1962) - Imperfections in type I and type II diamonds. *Proceedings of the Royal Society of London*, A270:538-552.

Fersman, A. von & Goldschmidt, V. (1911) - *Der Diamant*. Carl Winters, 274p., Heidelberg.

Fischer, R.B. (1961) - The "ballas" form of diamond. *Nature*, 189:50.

Fleischer, R. (1991) - *The Domingas diamond project*. Mineração Rio Novo, 9p., Diamantina (Internal Report).

Fleischer, R. (1993) - Um modelo "rift" para os depósitos sedimentares de diamante do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DO DIAMANTE, 1, Cuiabá, 1993. *Anais*... Cuiabá, UFMT, p.165-197.

Fleischer, M. & Mandarino, J.A. (1995) - *Glossary of mineral species 1995*. Mineralogical Record, 280p, Tucson.

Fleischer, R. (1995) - Prospecção e economia do diamante da Serra do Espinhaço. *Geonomos*, 3:27-30.

Fogaça, A.C.C. & Almeida-Abreu, P.A. (1982) - Depósitos de planícies de marés na Formação Sopa-Brumadinho (Proterozóico Inferior), Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 5, Buenos Aires, 1982. *Actas*... Buenos Aires, v.2, p.373-388.

Fogaça, A.C.C. & Schöll, W.U. (1984) - Estratigrafia e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da região de Guinda e Gouveia (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*... Rio de Janeiro, SBG, v.6, p.2638-2652.

Fogaça, A.C.C.; Almeida-Abreu, P.A. & Schorscher, J.H.D. (1984) - Estratigrafia da seqüência supracrustal arqueana na porção mediana-central da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*... Rio de Janeiro, SBG, v.6, p.2654-2667.

Foord, E.E.; Chaves, M.L.S.C. & Lichte, F.E. (1994) - Plumboan crichtonite from the Fazenda Guariba, Minas Gerais, Brazil. *Mineralogical Record*, 25:133-135.

Freise, F.W. (1930) - Der Mineralbestand der Konglomerate von Diamantina, Staat Minas Gerais, Brasilien. *Chemie der Erde*, B.6:66-71.

Freyberg, B. von (1932) - Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Gerais (Brasilien). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, Sonderband II, 329 p., Stuttgart.

Freyberg, B. von (1934) - *Die Bodenschätze des Staates Minas Geraes (Brasilien).* E. Schweizerbart'sche, 453p., Stuttgart.

Frostick, L.E. & Reid, I. (1987) - Tectonic control of desert sediments in rift basins ancient and modern. In: Frostick, L. & Reid, I., eds., *Desert sediments: ancient and modern.* Geological Society Special Publication 35, p.53-68.

Gaal, R.A.P. (1977) - *The diamond dictionary.* Gemmological Institute of America, 342p., Santa Mônica.

Garcia, A.J.V. & Uhlein, A. (1987) - Sistemas deposicionais do Supergrupo Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DEPOSICIONAIS NO PRÉ-CAMBRIANO, Ouro Preto, 1987. *Anais...* Ouro Preto, SBG-MG, p.113-135.

Gonçalves, E. (1981) - *Relatório de Pesquisa, local Cavalo Morto, Distrito de Extração, Município e Comarca de Diamantina, MG.* Companhia Mina da Boa Vista, 22p., Diamantina (Inédito).

Gonzaga, G.M. & Tompkins, L.A. (1991) - Geologia do diamante. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T. & Coelho, C.E.S., eds., *Principais depósitos minerais do Brasil*, v.IV-A. DNPM/CPRM, p.53-116, Brasília.

Gonzaga, G.M.; Teixeira, N.A. & Gaspar, J.C. (1994) - The origin of diamonds in western Minas Gerais, Brazil. *Mineralium Deposita*, 29:414-421.

Gorceix, H. (1880) - Sur le gisement du diamant au Brésil. *Bulletin de la Société Mineralógique de France*, 3:36-38.

Gorceix, H. (1881) - Sur les gites diamantiferes du centre de la Province de Minas Gerais (Bresil). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3:134-135.

Gorceix, H. (1902) - Diamonds in Brazil. *Brazilian Mining Review*, 1:13-14, Ouro Preto.

Grey, I.E.; Lloyd, D.J. & White, J.S., Jr. (1976) - The structute of crichtonite and its relationship to senaite. *American Mineralogist*, 61:1203-1212.

Grice, J.D. & Boxer, G.L. (1990) - Diamonds from Kimberley, Western Australia. *Gems & Gemology*, 21:559-564.

Grossi-Sad, J.H.; Cardoso, R.N. & Costa, M.T. (1971) - Formações cretácicas em Minas Gerais: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 1:2-13.

Guimarães, D. (1927) - O diamante no Estado de Minas Gerais. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 24:p.5-46, Rio de Janeiro.

Guimarães, D. (1931) - Contribuição à geologia do estado de Minas Gerais. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 55, 36p., Rio de Janeiro.

Guimarães, D. (1934) - *À margem de "Os satéllites do diamante".* Serviço Geológico do Estado de Minas Gerais, Monografia 2, 58p., Belo Horizonte.

Guimarães, D. (1965) - Princípios de metalogênese e geologia econômica do Brasil. *Boletim DNPM/DFPM*, 121, 382p., Rio de Janeiro.

Gurney, J.J. (1989) - Diamonds. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 4, Perth, 1986. *Proceedings...* Perth, Geological Society of Australia, p.935-965.

Gurney, J.J.; Levinson, A.A, & Smith, H.S. (1991) - Marine mining of diamonds off the west coast of Southern Africa. *Gems & Gemology*, 27:206-219.

Haggerty, S.E. (1986) - Diamond genesis in a multiple-constrained model. *Nature*, 320: 34-38.

Hall, A.E. & Smith, C.B. (1984) - Lamproite diamonds - are they different? In: Glover, J.E & Harris, P.G., *eds.*, *Kimberlites occurrences and origins*. University of Western Australia, Geology Department Publication, 8:167-212.

Hallam, C.D. (1964) - The geology of the coastal diamond deposits of southern Africa (1959). In: Haughton, S.H., ed., *The geology of some ore deposits in southern Africa*. Geological Society of South Africa, v.2, p.671-728, Johannesburg.

Haralyi, N.L.E. & Svisero, D.P. (1986) - Geologia e análise estatística do diamante da Mina da Boa Vista, Diamantina-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG, v.6, p.2297-2311.

Haralyi, N.L.E. & Rodrigues, L.P. (1992) - Considerações sobre a utilização do diamante de "casca" verde e marrom em paleogeotermometria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. *Boletim de Resumos Expandidos...* São Paulo, SBG, v.2, p.432-433.

Haralyi, N.L.E.; Hasui, Y. & Morales, N. (1991) - O diamante pré-cambriano da Serra do Espinhaço, MG. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T. & Coelho, C.E.S., eds., *Principais depósitos minerais do Brasil*, v.IV-A. DNPM/CPRM, p.117-138, Brasília.

Haralyi, N.L.E.; Morales, N.; Ebert, H.D. & Hasui, Y. (1992) - O Supergrupo Espinhaço na região de São João da Chapada (MG) e seu significado evolutivo. *Revista da Escola de Minas*, 45:68-70, Ouro Preto.

Harder, E.C. & Chamberlin, R.T. (1915) - The geology of central Minas Gerais, Brazil. *Journal of Geology*, 13:341-378, 385-424.

Harguer, H.S. (1921) - *Geological and mining report on the Boa Vista diamond mine, Minas Gerais, Brazil.* Companhia Brasileira Diamantífera, 21p., Rio de Janeiro (Internal Report).

Harris, J.H.; Hawthorne, J.B.; Oosterveld, M.M. & Wehmeyer, E. (1975) - A classification scheme for diamond and a comparative study of South African diamond characteristics. *Physics and Chemistry of the Earth*, 9:765-783.

Harris, J.W.; Hawthorne, J.B. & Oosterveld, M.M. (1979) - Regional and local variations in the characteristics of diamonds from some southern african kimberlites. In: Boyd, F.R. & Meyer, H.O.A., eds., *Kimberlites, diatremes and diamonds: their geology, petrology, and geochemistry.* American Geophysical Union, p.27-41, Washington.

Hasui, Y. & Penalva, F. (1970) - O problema do diamante do Alto Paranaíba, Minas Gerais. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 19:71-78.

Hasui, Y.; Sadowski, G.R.; Suguio, K. & Fuck, G.F. (1975) - The phanerozoic tectonic evolution of the Western Minas Gerais State. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47:431-438.

Helmreichen, V. von (1846) - *Über das Geognostische Vorkommen der Diamanten und ihre Gewinnungsmethoden auf der Serra do Grão Mogor.* Braunmüller & Seidel, 74p., Wien.

Helmstaedt, H.H. (1993) - Natural diamond occurrences and tectonic setting of "primary" diamond deposits. In: *Diamonds: exploration, sampling and evaluation.* Proceedings of a short course presented by the Prospectors and Developers Association of Canada, p.3-72, Toronto.

Herrgesell, G. (1984) - *Das Präkambrium am Ostrand der nördlichen Serra do Cipó (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien).* Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Albert-Ludwigs-Universität, 247 p., Freiburg (Inédita).

Herrgesell, G. (1985) - Uma margem continental proterozóica na Serra do Cipó Setentrional (Serra do Espinhaço Meridional). SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, Nelo Horizonte, 1985. *Anais...* Minas Gerais, SBG-MG, p.1-15.

Herrgesell, G. & Pflug, R. (1985) - The thrust belt of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil I*, p.405-414.

Hoffmann, C. (1983) - The archean peraluminous Gouveia Granite. Its structure, geochemistry, and phase petrology (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil). *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, Abhandlungen 146:359-371.

Hooke, R.L. (1967) - Processes on arid-region alluvial fans. *Journal of Geology*, 75:438-460.

Hussak, E. (1917) - *Os satéllites do diamante*. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 55p., Rio de Janeiro.

Hussak, E. & Prior, G.T. (1896) - On senaite, a new mineral belonging to the ilmenite group, from Brazil. Journal of the Mineralogical *Society*, London, 12:80-82.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (1979) - *Uranium and thorium exploration*. Technological Report Series 186, 89p., Wien.

Isotta, C.A.L.; Rocha-Campos, A.C. & Yoshida, R. (1969) - Striated pavement of the Upper Pre-Cambrian glaciation in Brazil. *Nature*, 222:466-468.

Janse, A.J.A. (1993) - The aims and economic parameters of diamond exploration. In: *Diamonds: exploration, sampling and evaluation*. Proceedings of a short course presented by the Prospectors and Developers Association of Canada, p.173-184, Toronto.

Janse, A.J.A. (1994) - Is Clifford's rule still valid? Affirmative examples around the world. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, Araxá, 1991. *Proceedings*... Araxá, CPRM Publication, v.2, p.215-235, Brasília.

Kaiser, W. & Bond, W.L. (1959) - Nitrogen, a major impurity in common type I diamond. *Physics Review*, 115:857-863.

Kaminski, F.V. (1994) - Carbonado and yakutite: properties and possible genesis. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, Araxá, 1991. *Proceedings*... Araxá, CPRM Publication, v.2, p.136-143, Brasília.

Karfunkel, B. & Karfunkel, J. (1976a) - Geologia da Serra do Espinhaço no norte de Minas Gerais (Itacambira - Botumirim). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto, 1976. *Anais*... Ouro Preto, SBG, v.2, p.169-178.

Karfunkel, B. & Karfunkel, J. (1976b) - Estudos petro-faciológicos do Grupo Macaúbas na porção mediana da Serra do Espinhaço - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto, 1976. *Anais*... Ouro Preto, SBG, v.2, p.179-188.

Karfunkel, J. & Karfunkel, B. (1977) - Fazielle Entwicklung der mittleren Espinhaço-Zone mit besonderer Berücksichtigung des Tillit-Problems (Minas Gerais, Brasilien). *Geologisches Jahrbuch*, *Beihefte* 24:3-91.

Karfunkel, J. & Chaves, M.L.S.C. (1994) - Diamante na região do Médio São Francisco, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário Camboriú, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos*... Balneário Camboriú, SBG, v.1, p.191-193.

Karfunkel, J. & Chaves, M.L.S.C. (1995) - Conglomerados cretácicos da Serra do Cabral, Minas Gerais: um modelo para redistribuição coluvio-aluvionar dos diamantes do Médio São Francisco. *Geociências*, 14:59-72.

Karfunkel, J. & Hoppe, A. (1988) - Late Proterozoic glaciation in Central-Eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 65:1-21.

Karfunkel, J.; Chaves, M.L.S.C.; Svisero, D.P. & Meyer, H.O.A. (1994) - Diamonds from Minas Gerais, Brazil: an update an sources, origin and production. *International Geology Review*, 36:1019-1032.

Kerr, P.F.; Lisboa, A. & Erichsen, A.I. (1941) - Nota de campo sobre a ocorrência de diamante no Distrito de Diamantina. *Mineração e Metalurgia*, 32:54-63, Rio de Janeiro.

Kerr, P.F.; Graf, D.L. & Ball, S.H. (1948) - Carbonado from Venezuela. *American Mineralogist*, 33:251-255.

King, L.C. (1956) - A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, 18:147-265.

Kirkley, M.B.; Gurney, J.J. & Levinson, A.A. (1991) - Age, origin, and emplacement of diamonds: scientific advances in the last decade. *Gems & Gemology*, 27:2-25.

Kreiter, V.M. (1968) - *Geological prospecting and exploration*. Mir, 383 p., Moscow.

Ladeira, E.A. & Brito, O.E.A. (1968) - Contribuição à geologia do Planalto da Mata da Corda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte, 1968. *Anais*... Belo Horizonte, SBG, p.181-199.

Leite, C.R. (1969) - *Mineralogia e cristalografia do diamante do Triângulo Mineiro. Tese de Doutoramento*, FFCL/USP, 102p., São Paulo (Inédita).

Lenzen, G. (1973) - *Kurzgefasste Diamantenkunde*. Elizabeth Lenzen Verlag, 156p., Idar-Oberstein.

Leonardos, O.H. (1937) - Diamante e carbonado no Estado da Bahia. *Avulso DNPM/DFPM*, 19, 20p., Rio de Janeiro.

Leonardos, O.H.; Fyfe, W.S. & Fuck, R.A. (1976) - Panafrican thrusting and melting within the brazilian continental margin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48:153-158 (Suplemento).

Leonardos, O.H.; Ulbrich, M.N. & Gaspar, J.C. (1991) - The Mata da Corda volcanic rocks. In: FIFTH INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, Araxá, 1991. *Field Guide Book*... Conference, CPRM Publication, p.18-23, Brasília.

Levinson, A.A.; Gurney, J.J. & Kirkley, M.B. (1992) - Diamond sources and production: past, present, and future. *Gems & Gemology*, 28:234-254.

Linari-Linholm, A.A. (1973) - *The occurrence, mining, and recovery of diamonds*. De Beers Consolidated Mines, 44p., London.

Machado, N.; Schrank, A.; Abreu, F.R.; Knauer, L.G. & Almeida-Abreu, P.A. (1989) - Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional.

SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5, Belo Horizonte, 1989. *Anais*... Minas Gerais, SBG-MG, p.171-174.

Marshak, S. & Alkmin, F.F. (1989) - Proterozoic contraction/extension tectonics of the Southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, 3:555-571.

Martins Neto, M.A. (1989) - *Sistemas deposicionais e paleogeografia das formações basais do Supergrupo Espinhaço (São João da Chapada e Sopa-Brumadinho) na região de Diamantina/Costa Sena, Minas Gerais*. Tese de Mestrado, IG/UFBA, 88p., Salvador (Inédita).

Martins Neto, M.A. (1993) - *The sedimentary evolution of a Proterozoic rift basin: the basal Espinhaço Supergroup, Southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil*. Tese de Doutoramento, Albert-Ludwigs-Universität, 155p., Freiburg (Inédita).

Martins Neto, M.A.; Almeida-Abreu, P.A. & Brichta, A. (1988) - Sistemas deposicionais das formações São João da Chapada e Sopa Brumadinho (Supergrupo Espinhaço) na região de Diamantina/Costa Sena, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. *Anais*... Belém, SBG, v.2, p.633-647.

Mawe, J. (1812) - *Travels in the interior of Brazil*. Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, 336p., London.

McCarthy, J.R. (1943) - Lavra de diamante na mina da Serrinha, Diamantina - Minas Gerais. *Mineração e Metalurgia*, 36:293-294, Rio de Janeiro.

McLane, M. (1995) - *Sedimentology*. Oxford University Press, 423 p., New York.

McCandless, T.E.; Kirkley, M.B.; Robinson, D.N.; Gurney, J.J.; Griffin, W.L.; Cousens, D.R. & Boyd, F.R. (1989) - Some initial observations on policrystalline diamonds mainly from Orapa. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 28, Washington, 1989. *Extended Abstracts*... Washington, p.47-51.

McGowen, J.H. & Groat, C.G. (1971) - *Van Horn Sandstone, West Texas: an alluvial fan model for mineral exploration*. Bureau of Economic Geology, University of Texas Report Investigations 71, 57p., Dallas.

Menezes Filho, N.R. (1980) - Seqüência vulcano/vulcanoclástica de Serra do Riacho Seco (Monte Azul, MG) - Supergrupo Espinhaço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú, 1980. *Anais*... Balneário de Camboriú, v.4, p.2104-2118.

Meyer, H.O.A. (1985) - Genesis of diamond: a mantle saga. *American Mineralogist*, 70:344-355.

Meyer, H.O.A. & Svisero, D.P. (1975) - Mineral inclusions in Brazilian diamonds. *Physics and Chemistry of the Earth*, 9:785-795.

Meyer, M.O.A.; Milledge, H. & Nave, E. (1965) - Natural irradiation damage in Ivory Coast diamonds. *Nature*, 206:392.

Miall, A.D. (1977) - A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Reviews*, 13:1-62.

Milledge, H.J.; Mendelssohn, M.J. & Meyer, H.O.A. (1991) - Infrared cathodoluminescence studies of inclusion-bearing diamonds from Brazil. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, Araxá, 1991. *Extended Abstracts...* Araxá, CPRM Publication, p.290-291, Brasília.

Mitchell, R.H. (1986) - *Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology.* Plenum Press, 442 p., New York.

Montes, M.L. (1977) - *Os conglomerados diamantíferos da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.* Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, 102p., Brasília.

Moore, M. & Lang, A.R. (1974) - On the origin of the rounded rhombic dodecahedral habit of natural diamond. *Journal of Crystalography Growth*, 26:133-139.

Moore, R.O. & Gurney, J.J. (1985) - Pyroxene solid solution in garnets included in diamond. *Nature*, 318:553-555.

Moraes, L.J. de (1927) - Algumas jazidas de diamante no Norte de Minas Gerais. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 24:49-65, Rio de Janeiro.

Moraes, L.J. de (1934) - Depósitos diamantíferos no norte do Estado de Minas Gerais. *Boletim DNPM/SFPM*, 3:1-61, Rio de Janeiro.

Moraes, L.J. de & Guimarães, D. (1930) - Geologia da região diamantífera do norte de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2:153-186.

Moraes, L.J. de; Barbosa, O.; Lisboa, J.M.A.; Lacourt, F. & Guimarães, D. (1937) - Geologia econômica do norte de Minas Gerais. *Boletim DNPM/SFPM*, 19, 191 p., Rio de Janeiro.

Moryioshi, Y.; Kamo, M.; Setaka, N. & Sato, Y. (1983) - The microstructure of natural polycristal diamond, carbonado and ballas. *Journal of Materials Science*, 18:217-224.

Munhóz, D.T.V. (1981) - *Estudo dos minerais pesados dos metaconglomerados e metabrechas da Formação Sopa-Brumadinho.* Mineração Tejucana, 43p., Belo Horizonte (Relatório Inédito).

Nilsen, T.M. (1982) - Alluvial fan deposits. In: Scholle, P.A. & Spearing, D., eds., *Sandstone depositional environments.* American Association of Petroleum Geologists, Memoire 31, p.49-86, Tulsa.

Oliveira Filho, C.D. (1990) - *Relatório Final de Pesquisa Mineral, Datas de Cima e Lavra dos Inglêses.* PROMINER, 34p., São Paulo (Inédito).

Orlov, Y.L. (1973) - *Mineralogy of the diamond.* John Wiley & Sons, 235p., New York.

Otter, M.L.; McCallum, M.E. & Gurney, J.J. (1994) - A physical characterization of the Sloan (Colorado) diamonds using a comprehensive diamond description scheme. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, Araxá, 1991. *Proceedings...* Araxá, CPRM Publication, v.2, p.15-50, Brasília.

Paiva Filho, A. & Ponçano, W.L. (1972) - Mapa geológico preliminar da região de Jequitaí, Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Belém, 1972. *Anais...* Belém, SBG, v.1, p.95-102.

Patel, A.R. & Agarwal, M.K. (1965) - Microstructures on Panna diamonds surfaces. *American Mineralogist*, 50:124-131.

Paternoster, K. (1979) - *Faziesverzahnung zwischen diamantführenden Konglomeraten und Bändererzen (BIF) in der südlichen Serra do Espinhaço (Minas Gerais, Brasilien).* Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Albert-Ludwigs-Universität, 83p., Freiburg (Inédita).

Pereira, J.D. & Silva, M.C.R. (1986) - *Relatório dos trabalhos de pesquisa realizados em uma ocorrência de diamantes, no local denominado Serrinha, Distrito de Extração, Município de Diamantina, Minas Gerais.* Extração-Empresa de Mineração Ltda., 21p., Belo Horizonte (Inédito).

Pereira, R.M. (1981) - *Prospecção aluvionar sistemática aplicada à região de Divino das Laranjeiras - MG.* Tese de Mestrado, IG/UFRJ, 56p., Rio de Janeiro (Inédita).

Pettijohn, F.J. (1957) - *Sedimentary rocks.* Harper & Row, 718 p., New York.

Pflug, R. (1965a) - Zur Geologie der südlichen Espinhaço-Zone und ihrer präkambrischen Diamantvorkommen, Minas Gerais, Brasilien. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 115/I:177-215.

Pflug, R. (1965b) - A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. *Boletim DNPM/DGM*, 226, 55p., Rio de Janeiro.

Pflug, R. (1968) - Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. *Notas Preliminares e Estudos DNPM/DGM*, 142, 20p., Rio de Janeiro.

Pflug, R. & Renger, F. (1973) - Estratigrafia e evolução geológica da margem SE do Craton Sanfranciscano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1968. *Anais...* Aracajú, SBG, v.2, p.5-19.

Pflug, R.; Hoppe, A. & Brichta, A. (1980) - Paleogeografia do Precambriano na Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. In: *Nuevos resultados de la investigación geocientifica alemana en Latinoamérica.* Proyectos de la DFG, p.33-50, Boppard.

Raal, F.A. (1969) - A study of some gold mine diamonds. *American Mineralogist*, 54:292-296.

Reineck, H.E. & Singh, I.B. (1980) - *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 439p., Berlin.

Richardson, S.H.; Gurney, J.J.; Erlank, A.J. & Harris, J.W. (1984) - Origin of diamonds in old enriched mantle. *Nature*, 322:623-626.

Robertson, R.; Fox, J.J. & Martin, A.E. (1934) - Two types of diamonds. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A232:463.

Rimann, E.T. (1917) - A kimberlita no Brasil. *Anais da Escola de Minas de Ouro Preto*, 15:27-32.

Saadi, A. (1995) - A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos*, 3: 41-63.

Saint-Hilaire, A. (1833) - *Voyage dans le District des Diamants et sur le litoral du Brésil*. Paris (Tradução de L.A.Penha, Itatiaia/EDUSP, 233 p., Belo Horizonte).

Schmidt, M.L. (1972) - Fazieswechesel in der São Francisco Serie (Bambuí) bei Bocaiúva, Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. *Geologisches Jahrbuch, Beihefte* 121:59-94.

Schobbenhaus, C. (1993) - *O Proterozóico Médio no Brasil com ênfase à Região Centro-Leste*. Tese de Doutoramento, Albert-Ludwigs-Universität, 166 p., Freiburg (Inédita).

Schöll, W.U. (1980) - Estratigrafia, sedimentologia e paleogeografia na região de Diamantina (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil). *Münstersche Forschungen Geologie und Paläontologie*, 51:223-240.

Schöll, W.U. & Fogaça, A.C.C. (1979) - Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1, Diamantina, 1979. *Atas*... Minas Gerais, p.55-73.

Schöll, W.U. & Turinsky, F. (1980) - O espectro de minerais pesados nas seqüências quartzíticas pré-cambrianas na parte sul da Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Münsterische Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 51:257-278.

Shibata, K.; Kamioka, H.; Kaminsky, F.V.; Koptil, V.I. & Svisero, D.P. (1993) - Rare earth elements patterns of carbonado and yakutite: evidence for their crustal origin. *Mineralogical Magazine*, 57:607-611.

Siga Júnior, 0. (1980) - *A evolução geotectônica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas*. Tese de Mestrado, IG/USP, 140p. (Inédita).

Silva, R.R. da (1995) - Sequence stratigraphy and depositional systems of the lower Espinhaço Supergroup, in the area between Diamantina and Gouveia, Minas Gerais, Brazil. Tese de Doutoramento, Albert-Ludwigs-Universität, 145p., Freiburg (Inédita).

Smith, W.V.; Sorokin, P.P.; Gellles., S.L. & Lacher, C.J. (1959) - Electron-spin resonance of nitrogen denors in diamond. *Physics Review*, 115:1546-1552.

Spix, J.B. von & Martius, C.F.P. von (1828) - *Reise in Brasilien*. Lindauer, München (Tradução de L.F.Lahmeyer, EDUSP/Itatiaia, v.2, 301 p., São Paulo).

Suguio, K. (1973) - *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blücher/EDUSP, 317p., São Paulo.

Sutherland, D.G. (1982) - The transport and sorting of diamonds by fluvial and marine processes. *Economic Geology*, 77:1613-1620.

Sutherland, G.B.H.M.; Blackwell, D.E. & Simeral, W.G. (1954) - The problem of the two types of diamond. *Nature*, 174:901-904.

Svisero, D.P. (1969) - *Microscopia eletrônica de estruturas de superfície em cristais de diamantes do Brasil.* Tese de Mestrado, FFCL/USP, 38p., São Paulo.

Svisero, D.P. (1971) - *Mineralogia do diamante da região do Alto Araguaia, MT.* Tese de Doutoramento, IGA/USP, 137p., São Paulo (Inédita).

Svisero, D.P. (1972) - Olivina, inclusão em diamante do Município de Datas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Belém, 1972. *Resumo das Comunicações*... Belém, SBG, p.174.

Svisero, D.P. (1978) - *Composição química, origem e significado geológico de inclusões minerais de diamantes do Brasil.* Tese de Livre Docência, IG/USP, 165p., São Paulo (Inédita).

Svisero, D.P. (1979) - Piropos cromíferos da mina de diamantes de Romaria: composição química e origem. *Boletim Mineralógico*, Recife, 6:7-14.

Svisero, D.P. & Pimentel, C.A. (1970) - Microestructuras en la superficie de diamantes de Brasil. In: GRUPO IBEROAMERICANO DE CRISTALOGRAFIA, Segunda Reunion, Buenos Aires, 1970. *Anales*... Buenos Aires, p.147-157.

Svisero, D.P. & Haralyi, N.L.E. (1985) - Caracterização do diamante da Mina de Romaria, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. *Anais*... Minas Gerais, SBG-MG, p.140-153.

Svisero, D.P.; Camargo, W.G.R. & Nazario, G. (1972) - Espectros infravermelhos de diamantes do Alto Araguaia, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44:441-449.

Svisero, D.P.; Meyer, H.O.A & Tsai, H-M. (1977) - Kimberlite minerals from Vargem (Minas Gerais) and Redondão (Piauí) diatremes, Brazil; and garnet lherzolite xenolith from Redondão diatreme. *Revista Brasileira de Geociências*, 7:1-13.

Svisero, D.P.; Hasui, Y. & Drumond, D. (1979) - Geologia de kimberlitos do Alto Paranaíba, Minas Gerais. *Mineração Metalurgia*, 406:34-38, Rio de Janeiro.

Svisero, D.P.; Haralyi, N.L.E. & Siao, V. (1987) - As inclusões dos diamantes da região de Diamantina, Minas Gerais. *Revista Brasil Relojoeiro e Joalheiro*, 28(320):1956-1968, São Paulo.

Thomas. M.F.; Thorp, M.B. & Teeuw, R.M. (1985) - Palaeogeomorphology and the occurrence of diamondiferous placer deposits in Koidu, Sierra Leone. *Journal of the Geological Society of London*, 142, 789-802.

Thompson, L.S. (1928) - The upland diamond deposits of the Diamantina District, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 23:705-723.

Tolansky, S. & Komatsu, H. (1967) - Abundance of Type II diamonds. *Science*, 157:1173-1175.

Tolansky, S. (1960) - *Surface microtopography*. Longsman, 296p., London.

Tompkins, L.A. & Gonzaga, G.M. (1989) - Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel region, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 84:591-602.

Trueb, L.F. & Butterman, W.C. (1969) - Carbonado: a microstructural study. *American Mineralogist*, 54:412-425.

Trueb, L.F. & De Wys, E.C. (1969) - Carbonado: natural polycrystaline diamond. *Science*, 165:799-802.

Uhlein, A. (1984) - Análise estrutural nas formações inferiores do Supergrupo Espinhaço da região de Datas, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*... Rio de Janeiro, SBG, v.7, p.3381-3391.

Uhlein, A. (1991) - *Transição craton - faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasiliano) no Estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais*. Tese de Doutoramento, IG/USP, 295p., São Paulo (Inédita).

Uhlein, A.; Assis, L.C. & Dardenne, M.A. (1983) - As mineralizações de ouro e cromita da Seqüência Vulcano-sedimentar de Serro - MG. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1983. *Anais*... Minas Gerais, p.306-320.

Uhlein, A.; Dossin, I.A. & Chaves, M.L.S.C. (1986a) - Contribuição à geologia estrutural e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da Serra do Espinhaço Meridional - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG, v.3, p.1191-1203.

Uhlein, A.; Chaves, M.L.S.C. & Dossin, I.A. (1986b) - Recursos minerais da Serra do Espinhaço (MG): uma síntese baseada no contexto litoestratigráfico regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais*... Goiânia, SBG, v.5, p.2453-2464.

Vance, E.R.; Harris, J.W. & Milledge, H.J. (1973) - Possible origins of α-damage in diamonds from kimberlite and alluvial sources. *Mineralogical Magazine*, 39:349-360.

Viveiros, J.F.M. & Walde, D. (1976) - Geologia da Serra do Cabral, Minas Gerais, Brasil. *Münsterische Forschungshefte Geologie und Paläontologie*, 38/39:15-27.

Walde, D.M.G. (1978) - Desenvolvimento faciológico do Precambriano entre a Serra Mineira e a Serra do Cabral (Região Sudoeste da Serra do Espinhaço, Minas Gerais). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, v.2, p.711-725.

Walker, R.G. (1976) - Facies models 1, General Introduction. *Geoscience Canada*, 3:21-24.

Wedephol, P.T. (1957) - Electrical and optical properties of type IIb diamonds. *Proceedings of the Physics Society of London*, B70:177-185.

Whitelock, T.K. (1973) - Morphology of the Kao diamonds. In: Nixon, P.H. ed., *Lesotho Kimberlites*. Lesotho National Development Corporation, p.128-140, Maseru.

Williams, A.F. (1932) - *The genesis of the diamond.* Ernest Benn, 636p., London.

Windley, B.F. (1973) - *The evolving continents*. John Wiley, 399p., New York.

Woods, G.S. (1986) - Platelets and infrared absorption of type Ia diamond. *Proceedings of the Royal Society of London*, A407:219-238.

Woods, G.S.; Purser, G.C.; Mtimhulu, A.S.S. & Collins, A.T. (1990) - The nitrogen content of type Ia natural diamonds. *Journal of Physics and Chemistry Solids*, 51:1191-1197.

Yacoot, A. & Moore, M. (1993) - X-ray topography of natural tetrahedral diamonds. *Mineralogical Magazine*, 57:223-230.

Zeschke, G. (1961) - Prospecting for ore deposits by panning heavy minerals from river sands. *Economic Geology*, 56:1250-1257.

Zimbres, E. (1987) - *Prospecção com bateia no Maciço Alcalino de Canaã e adjacências, Município de Duque de Caxias - RJ.* Tese de Mestrado, IG-UFRJ, 67p., Rio de Janeiro (Inédita).