

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)**

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GEOLOGIA E MINERALOGIA DO  
DIAMANTE DA REGIÃO DO RIO BORRACHUDO (TIROS, MG)**

**LUIS ALBERTO DE DEUS BORGES**

Orientação: Prof. Dr. Mario Luiz de Sá C. Chaves

Belo Horizonte, novembro/2013

## SUMÁRIO

RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	15
1.3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	16
1.3.1 HIDROGRAFIA.....	17
1.3.2 GEOMORFOLOGIA.....	18
1.4 NATUREZA DO PROBLEMA.....	19
1.5 METODOLOGIA.....	20
1.5.1 CAMPO.....	20
1.5.2 LABORATÓRIO.....	21
2 GEOLOGIA REGIONAL.....	25
2.1 O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO.....	25
2.2 ESTRATIGRAFIA.....	27
2.2.1 GRUPO BAMBUÍ.....	27
2.2.2 GRUPO AREADO.....	30
2.2.3 GRUPO MATA DA CORDA.....	31
2.3 SÍNTESE DA EVOLUÇÃO GEOLOGICA.....	33
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
3.1 KIMBERLITOS, LAMPROÍTOS E ROCHAS RELACIONADAS.....	41
3.1.1 KIMBERLITO.....	41
3.1.2 LAMPROÍTO.....	43
3.1.3 ROCHAS RELACIONADAS.....	45
3.2 MINERAIS INDICADORES.....	46
3.3 MINERALOGIA DO DIAMANTE.....	50
3.3.1 CLASSIFICAÇÃO FÍSICA.....	51
3.3.2 CLASSIFICAÇÃO GEMOLÓGICA.....	52
3.3.3 TEXTURA INTERNA NO DIAMANTE.....	57

3.3.4	MORFOLOGIA.....	58
3.3.5	FIGURAS DE DISSOLUÇÃO.....	60
3.3.6	ABRASÃO.....	63
3.4	CARACTERÍSTICAS REGIONAIS.....	64
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	66
4.1	GEOLOGIA LOCAL.....	66
4.1.1	GRUPO BAMBUÍ.....	66
4.1.2	POSSÍVEIS ROCHAS FONTES DO DIAMANTE.....	70
4.1.3	GRUPO AREADO.....	76
4.1.4	DEPÓSITOS ALUVIONARES.....	78
4.1.5	SOLOS LATERÍTICOS.....	83
4.2	MINERAIS INDICADORES.....	83
5	CARACTERIZAÇÃO DO DIAMANTE.....	85
5.1	DIAMANTES DO RIO BORRACHUDO.....	86
5.1.1	CLASSIFICAÇÃO GEMOLÓGICA.....	86
5.1.2	TEXTURAS SUPERFICIAIS.....	90
5.2	DIAMANTES DO RIO ABAETÉ.....	97
5.2.1	LOCALIDADE BOMBAS.....	97
5.2.1.1	CLASSIFICAÇÃO GEMOLÓGICA.....	97
5.2.1.2	TEXTURAS SUPERFICIAIS.....	102
5.2.2	LOCALIDADE FORTALEZA.....	108
5.2.2.1	CLASSIFICAÇÃO GEMOLÓGICA.....	108
5.2.2.2	TEXTURAS SUPERFICIAIS.....	113
5.3	COMPARAÇÃO DOS DADOS RIO BORRACHUDO X RIO ABAETE.....	118
5.3.1	CLASSIFICAÇÃO GEMOLÓGICA.....	118
5.3.2	TEXTURAS SUPERFICIAIS.....	119
5.4	ÁREAS DE OCORRÊNCIAS DOS DIAMANTES.....	121
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização e acesso da área de estudo no município de Tiros (MG).	15
<b>Figura 2:</b> Mapa de localização da área (Folha Serra Selada -SGE).	16
<b>Figura 3:</b> Localização do Rio Borrachudo no mapa políticos de divisões municipais.	17
<b>Figura 4:</b> Mapa geológico do Cráton do São Francisco (modificado de Alckmim et al., 1993).	26
<b>Figura 5:</b> Coluna estratigráfica da Bacia do São Francisco (segundo Alkmin e Martins Neto, 2001).	27
<b>Figura 6:</b> Mapa geológico da área – Folha SE.23-Y-B Três Marias. MME – CPRM escala 1:250.000.	32
<b>Figura 7:</b> Tipos de rochas do manto superior em termos de olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio. (Haggerty, 1995)	35
<b>Figura 8:</b> Seção esquemática do manto segundo Haggerty (1995). (Ec) Eclogito, (CHNS) Carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, enxofre, (LILE) Elementos litófilos – grandes íons, (HFSE) elementos de alta energia, (D) diamantes, (G) grafite, (Sp) perovskita silicato.	36
<b>Figura 9:</b> Esquema da seção vertical da crosta terrestre e manto superior (baseado em Brey & Stachel, 1997 in: Stachel & Harris, 2008).	37
<b>Figura 10:</b> Modelo esquemático da origem da litosfera cratônica durante o arqueano em eventos de subducção. (Stachel & Harris, 2008) Em laranja crosta basalto picrito.	38
<b>Figura 11-</b> Proporção mineralógica em médias de rochas de composições de metaperidotitos e metabasitos em função da profundidade (100 a 1000 km). (adaptados de Stixrude e Lithgow-Bertelloni, 2007 e Perrillat et al., 2006; modificado de Harte, 2010).	39
<b>Figura 12:</b> Modelo esquemático de um kimberlito mostrando as relações entre as fácies cratera, diatrema e hipabissal (Mitchell, 1986; in: Jaques, 1998).	42
<b>Figura 13:</b> Exemplo de ilmenitas kimberlíticas plotadas no gráfico $TiO_2 \times MgO$ e $Cr_2O_3 \times MgO$ (Wyatt et al., 2004).	47
<b>Figura 14:</b> Exemplo de ilmenitas não kimberlíticas plotadas no gráfico $TiO_2 \times MgO$ e $Cr_2O_3 \times MgO$ comparadas com ilmenitas kimberlíticas (Wyatt et al. 2004)	47
<b>Figura 15:</b> Diagrama $Cr_2O_3 \times CaO$ das granadas, comumente conhecida por campos mineraloquímicos G9/G10 (Gurney, 1984; in: Grütter, 2004).	48
<b>Figura 16:</b> Esquema de classificação das granadas por um diagrama $Cr_2O_3 \times CaO$ (Grutter et al., 2004)	48
<b>Figura 17:</b> Figuras superficiais comuns em diamante e suas seqüências de formação (modificada de Tappert & Tappert, 2011).	51
<b>Figura 18:</b> Classificação dos tipos de diamantes com base nos parâmetros de pureza e cor (modificada de Tappert & Tappert, 2011).	52
<b>Figura 19:</b> Tabela da correlação da cor com a temperatura da luz	53
<b>Figura 20:</b> Combinações de cores em diamantes (modificada de Hofer, 1998).	54
<b>Figura 21:</b> Comparação de cores com o “Master Stone”	54
<b>Figura 22:</b> Escala de cores conforme a graduação do GIA (Gemological Institute of America).	55
<b>Figura 23:</b> Diagrama de pressão x temperatura, com as formas diferentes de crescimento para diamantes sintéticos (modificada de Yamaoka et al., 1977; in Tappert & Tappert, 2011).	58
<b>Figura 24:</b> Evolução da modificação das principais formas cristalográficas com o processo de dissolução (modificada de Khokhryokav & Pal’yanov, 2007).	59
<b>Figura 25:</b> Evolução detalhada das formas cristalográficas com a dissolução, aqui proposta.	59

<b>Figura 26:</b> Imagens dos cristais de diamantes dissolvidos em um sistema contendo água. (a) octaedro inicial; (b-d) cristais de diamantes dissolvidos em diferentes graus; (e) trgonos negativos (f) dissolução em camadas desenvolvidas na face {111} (segundo Khokhryokav & Pal'yanov, 2007).	61
<b>Figura 27:</b> Imagens dos cristais de diamantes em um sistema contendo água. (a) dodecaedro inicial; (b-d) cristais de diamantes dissolvidos em diferentes graus; (e) dissolução com <i>hillocks</i> em superfície arredondada; (f) fragmento da superfície arredondada (Khokhryokav & Pal'yanov, 2007).	62
<b>Figura 28:</b> Diferentes estágios de abrasão. 1, sem faceta original; 2, pequenas facetas visíveis; 3, quinas e arestas gastas; 4, nenhum sinal de rolamento ou desgaste.	64
<b>Figura 29:</b> Mapa de localização das Províncias diamantíferas de Minas Gerais (Benitez, 2009).	64
<b>Figura 30:</b> Intercalações de arenito sericítico em meio ao siltito róseo do Grupo Bambuí.	67
<b>Figura 31:</b> Dobramentos em siltito do Grupo Bambuí.	67
<b>Figura 32:</b> Dobramentos em siltito do Grupo Bambuí.	68
<b>Figura 34:</b> Rocha síltica com foliação ardosiana, cortada por fraturas ortogonais à foliação principal.	69
<b>Figura 35:</b> Massa saprolítica em meio ao siltito (o contato é mostrado pela linha amarela; a linha preta mostra a foliação da rocha, Ponto 1).	71
<b>Figura 36:</b> Detalhe do zoneamento dos minerais pesados na parte externa do conduto.	71
<b>Figura 37:</b> Detalhes do saprólito do Ponto 1.	72
<b>Figura 38:</b> Concentrado de minerais pesados, mostrando principalmente estauroлита, perovskita e magnetita do Ponto 1.	72
<b>Figura 39:</b> Seixos sub-arredondados de silte e macrocristais de minerais máficos em massa saprolítica argilosa (Ponto 2).	73
<b>Figura 40:</b> Detalhe do concentrado de minerais pesados do Ponto 2.	74
<b>Figura 41:</b> Seixos sub-arredondados de siltito em meio a massa saprolítica (Ponto 3).	75
<b>Figura 41:</b> Seixos sub-arredondados de siltito em meio a massa saprolítica (Ponto 3).	75
<b>Figura 43:</b> Discordância angular verificada entre o Grupo Bambuí e o Grupo Areado.	76
<b>Figura 44:</b> Camada bandada e não deformada, do arenito do Grupo Areado.	77
<b>Figura 45:</b> Estratificação cruzada de grande porte, comum nos arenitos do Grupo Areado.	77
<b>Figura 46:</b> Depósito de paleocanal ilustrando sua estratigrafia básica.	79
<b>Figura 47:</b> Mapa de localização dos paleoaluviões e paleocanal do Rio Borrachudo, na área de concessão da Petrus Mineração Ltda (Processo DNPM 833.291/2003).	80
<b>Figura 48:</b> Depósito de paleocanal, mostrando níveis de cascalho intercalados com argila e areia, sobrepondo o metassiltito do Grupo Bambuí.	81
<b>Figura 49:</b> Equipamento utilizado na concentração do cascalho diamantífero na área de concessão da Petrus Mineração.	82
<b>Figura 50:</b> Mapa de localização das ocorrências de diamantes e das possíveis intrusões.	82
<b>Figura 51:</b> Diagrama TiO <sub>2</sub> (%) x MgO (%) das análises de ilmenitas do paleocanal às margens do Rio Borrachudo.	83
<b>Figura 52:</b> Diagrama Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) x MgO (%) das análise de ilmenitas do paleocanal das margens do Rio Borrachudo.	84
<b>Figura 53:</b> Diamantes encontrados no Rio Borrachudo, na área da Petrus Mineração.	85
<b>Figura 54:</b> Diamantes encontrados no Rio Abaeté (localidade de Bombas).	86

<b>Figura 55:</b> (A) Peso dos diamantes em percentual pelo número de amostras, e (B) peso em percentual pelo peso total dos diamantes.	87
<b>Figura 56:</b> Percentuais dos diamantes em relação às cores.	88
<b>Figura 57:</b> Percentuais de peso dos diamantes em percentual pela cor secundária, nas pedras de cores G-L e M-Z.	88
<b>Figura 58:</b> Percentuais de forma cristalográfica x faixa de peso (total de cada faixa de peso).	89
<b>Figura 59:</b> Percentuais da forma cristalográfica x faixa de peso (total de amostras).	89
<b>Figura 60:</b> Percentuais dos diamantes em relação às cores.	90
<b>Figura 61:</b> Cor secundária dos diamantes do Rio Borrachudo de G a L.	90
<b>Figura 62:</b> Cor secundária dos diamantes do Rio Borrachudo das cores de M a Z.	90
<b>Figura 63:</b> Percentuais de tipo de inclusões / total de pedras.	91
<b>Figura 64:</b> Percentuais de formas cristalográficas.	92
<b>Figura 65:</b> Percentuais de cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).	93
<b>Figura 66:</b> Percentuais de cores x cores secundárias em relação às formas cristalográficas (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, as outras duas marrons).	93
<b>Figura 67:</b> Percentuais de manchas nas amostras.	94
<b>Figura 68:</b> Percentuais em cada estágio (máximo das figuras superficiais por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica (n= número de amostras por forma).	95
<b>Figura 69:</b> Percentuais de figuras superficiais em faixas de peso, em sequência de evolução / total amostras.	95
<b>Figura 70:</b> Percentuais das figuras superficiais, em sequência da evolução / total de amostras.	96
<b>Figura 71:</b> Percentuais de tipos de abrasão.	96
<b>Figura 72:</b> (A) Peso dos diamantes em percentual pelo número de pedras; (B) Peso em percentual pelo peso total dos diamantes.	98
<b>Figura 73:</b> Peso dos diamantes em percentual pela cor da pedra.	98
<b>Figura 74:</b> Percentuais nas faixas de peso das cores secundárias em pedras de cor G-L e M-Z.	99
<b>Figura 75:</b> Percentuais das faixas de peso x formas cristalográficas/total em cada faixa de peso.	100
<b>Figura 76:</b> Percentuais das faixas de peso x forma cristalográfica/total de amostras.	100
<b>Figura 77:</b> Percentuais dos diamantes em relação às cores.	101
<b>Figura 78:</b> Cor secundária nos diamantes do Rio Abaeté (Bombas) de G a L.	101
<b>Figura 79:</b> Cor secundária nos diamantes do Rio Abaeté (Bombas) de M a Z.	101
<b>Figura 80:</b> Percentuais das cores <i>fancies</i> .	102
<b>Figura 81:</b> Percentuais das formas cristalográficas.	103
<b>Figura 82:</b> Percentuais de cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).	103
<b>Figura 83:</b> Percentuais das cores x cores secundárias em relação às formas cristalográficas (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, as outras duas marrons).	104
<b>Figura 84:</b> Percentuais das cores <i>fancies</i> pela forma cristalográfica (conforme Tab.1).	104

<b>Figura 85:</b> Percentuais das figuras em cada estágio (máximo de figuras de dissolução por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica.	106
<b>Figura 86:</b> Percentuais das figuras superficiais em faixas de peso/ total amostras.	106
<b>Figura 87:</b> Percentuais das figuras superficiais pelo total de amostras.	106
<b>Figura 88:</b> Percentuais das figuras superficiais distribuídas pela forma.	107
<b>Figura 89:</b> Percentuais de abrasão da região das Bombas.	107
<b>Figura 90:</b> (A) Percentuais de peso dos diamantes pelo número de pedras e (B) percentuais de peso pelo peso total dos diamantes.	109
<b>Figura 91:</b> Percentuais de peso dos diamantes pela faixa de cor da pedra.	109
<b>Figura 92:</b> Percentuais das cores secundárias nas faixas de peso, para pedras de cor G-L e M-Z.	109
<b>Figura 93:</b> Percentuais das formas cristalográficas X faixa de peso (total de cada faixa de peso).	110
<b>Figura 94:</b> Percentuais da forma cristalográfica X faixa de peso (total de amostras).	111
<b>Figura 95:</b> Percentuais dos diamantes em relação às cores.	112
<b>Figura 96:</b> Percentuais dos diamantes em relação às cores por faixa de peso.	112
<b>Figura 97:</b> Cores secundárias dos diamantes da Fortaleza das cores G-L.	113
<b>Figura 98:</b> Cores secundárias dos diamantes da Fortaleza das cores M-Z.	113
<b>Figura 99:</b> Percentuais das formas cristalográficas.	114
<b>Figura 100:</b> Cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).	114
<b>Figura 101:</b> Percentuais das cores secundárias por formas cristalográficas nas cores G-L e M-Z (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, e as outras duas da marrom).	114
<b>Figura 102:</b> Percentuais das figuras em cada estágio (máximo de figuras de dissolução por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica.	116
<b>Figura 103:</b> Percentuais de figuras superficiais em faixas de peso /total amostras.	116
<b>Figura 104:</b> Percentuais das figuras superficiais pelo total amostra.	116
<b>Figura 105:</b> Percentuais de figuras superficiais por forma cristalográfica.	117
<b>Figura 106:</b> Percentuais de abrasão diamantes da Fortaleza.	117
<b>Figura 107:</b> Comparação do percentual de peso / total de amostras nas três áreas: Fortaleza, Bombas e Borrachudo.	118
<b>Figura 108:</b> Comparação do percentual do peso, pelo peso total nas três áreas: Fortaleza, Bombas e Borrachudo.	118
<b>Figura 109:</b> Comparação do percentual das cores nas regiões da Fortaleza, Bombas e Borrachudo.	119
<b>Figura 110:</b> Comparação da forma cristalográfica nas regiões da Fortaleza e Bombas (Rio Abaeté) com o Rio Borrachudo.	120
<b>Figura 111:</b> Comparação das figuras superficiais nas regiões da Fortaleza e Bombas (Rio Abaeté), com o Rio Borrachudo.	120
<b>Figura 112:</b> Comparação da abrasão nas regiões da Fortaleza e das Bombas (Rio Abaeté) com o Rio Borrachudo.	121
<b>Figura 113:</b> Mapa de localização das ocorrências de diamantes, localização das áreas de coleta (Rio Borrachudo e Rio Abaeté – Bombas e Fortaleza).	122

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Tabela de formas cristalográficas, mostrando suas evoluções no processo de dissolução. Formas: cúbica (01 a 07), octaédrica (10 a 15), rombododecaédrica (20 a 24), hexaoctaédrica (30), cúbica piramidada (40), icositetraédrica (50), trioctaédrica (60), geminadas (70), <i>chip</i> (80) e <i>flat</i> (90) (conforme Svisero, 1971).	23
<b>Tabela 2:</b> Tabela de texturas superficiais do diamante (modificada de Tappert & Tappert, 2011), mostrando as figuras de dissolução, em estágios inicial, intermediário e final, para diamantes octaedros, descendentes e dodecaedros.	24
<b>Tabela 3:</b> Inclusões minerais em diamantes monocristalinos (modificada de Tappert & Tappert, 2011).	40
<b>Tabela 4:</b> Nomenclatura de lamproítos (Mitchell & Bergman, 1991; in: Woolley et al. 1996) (*Madupitico= contém flogopita poiquilítica).	44
<b>Tabela 5:</b> Síntese das características mais importantes das populações de diamantes das províncias mineiras, enfatizando os aspectos “relevantes” e “contrários” de cada uma delas (Benitez, 2009)	65
<b>Tabela 6:</b> Características de peso e forma das populações do Rio Abaeté, onde peso representada pelas ordenadas significam (1) 0,01-0,25 ct (2) 0,26-0,60 ct (3) ,20 ct (4) 1,21-2,00 ct (5) > 2,00 ct e a forma (abscissas) (1) octaedro (2) rombododecaedro (3) cubo (4) geminado (5) irregular (6) agregado	65
<b>Tabela 7:</b> Percentuais por peso / total de pedras; % cores /faixa peso; % cor secundária / total de pedras com cores secundárias.	87
<b>Tabela 8:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.	88
<b>Tabela 9:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica / faixa de peso.	88
<b>Tabela 10:</b> Percentuais de cor principal / total de amostra.	89
<b>Tabela 11:</b> Percentuais de cor secundária em relação à cor principal.	90
<b>Tabela 12:</b> Percentuais do parâmetro de pureza / total de amostra.	91
<b>Tabela 13:</b> Percentuais de fluorescência (classificação do Gemological Institute of America).	91
<b>Tabela 14:</b> Percentuais de forma / total de amostra; percentuais da cor principal x formas cristalográficas / total de amostras e cor de interferência x formas / total de amostra (conforme Tab. 1 para as formas).	92
<b>Tabela 15:</b> Manchas ( <i>hot spot</i> ) em percentuais.	93
<b>Tabela 16:</b> Figuras superficiais – percentuais das figuras de dissolução no estágio inicial (trígonos), % intermediário ( <i>hillocks</i> , clivagem secundária), % final ( <i>hillocks</i> residuais, linhas de laminação); e percentuais das figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e <i>frosting</i> ).	94
<b>Tabela 17:</b> Percentuais de pedras com abrasão.	95
<b>Tabela 18:</b> Percentual por peso/total de pedras; % cores/faixa peso; % cor secundária por total de pedras com cores secundárias.	97
<b>Tabela 19:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.	99
<b>Tabela 20:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica /faixa de peso.	99
<b>Tabela 21:</b> Percentuais de cor principal /total de amostra.	100
<b>Tabela 22:</b> Percentuais das cores secundárias em relação à cor principal.	101

<b>Tabela 23:</b> Percentuais das formas/total de amostra; Percentuais da cores principais x formas cristalográficas /total de amostras e percentuais das cores de interferência x formas/total da forma.	102
<b>Tabela 24:</b> Figuras superficiais – figuras de dissolução no estágio inicial ( <i>trigonos</i> ), intermediário ( <i>hillocks</i> , clivagem secundária), final ( <i>hillocks</i> residuais, linhas de laminação) e figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e <i>frosting</i> ).	105
<b>Tabela 25:</b> Percentuais de pedras com abrasão.	107
<b>Tabela 26:</b> Percentual nas faixas de peso; % das cores com peso e cores secundárias nas faixas de peso das cores G-L e M-Z.	108
<b>Tabela 27:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.	110
<b>Tabela 28:</b> Percentuais de peso x forma cristalográfica /faixa de peso.	110
<b>Tabela 29:</b> Percentuais de cor principal /total de amostra.	111
<b>Tabela 30:</b> Percentuais de cores secundárias em relação à cor principal.	112
<b>Tabela 31:</b> Percentuais das formas/total de amostra; percentuais das cores principais x formas cristalográficas /total de amostras; percentuais das cores de interferência x formas/total de amostra.	113
<b>Tabela 32:</b> Figuras superficiais – figuras de dissolução no estágio inicial ( <i>trigonos</i> ), intermediário ( <i>hillocks</i> , clivagem secundária), final ( <i>hillocks</i> residuais, linhas de laminação) e figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e <i>frosting</i> ).	115
<b>Tabela 33:</b> Percentuais de pedras com abrasão.	117

## RESUMO

A região do Rio Borrachudo, em Tiros, está inserida na “Província Diamantífera Oeste São Francisco”, no Estado de Minas Gerais. Embora esta região tenha sido pouco estudada, vários relatos de diamantes motivaram a fazer uma pesquisa mais detalhada tanto da mineralogia desse mineral, como das possíveis fontes primárias na região. Os diamantes encontrados nos aluviões do Rio Borrachudo, na localidade de Canastrão, apresentam excelente qualidade gemológica, com grau de pureza elevado e um padrão de cores de alto valor comercial. O tamanho é de dimensões reduzidas, variando principalmente entre 0,10 a 0,30 ct, embora com a presença de cristais gigantes (maiores que 100 ct). Através da caracterização morfológica e das texturas do diamante concluiu que possuem alta dissolução, sendo encontradas formas do tipo *chips, flats* e formas octaédricas com suas descendentes, como rombododecaedros. O estudo da abrasão indica pouco desgaste mecânico no deslocamento superficial, o que sugere fontes primárias em áreas próximas. Além disso, procedeu-se a comparação com diamantes do Rio Abaeté em duas diferentes localidades (Bombas e Fortaleza), permitindo constatar diferenças significativas entre estas três regiões. A sequência de eventos sofridos pelos diamantes em tais localidades sugere que nas três áreas os mesmos processos de formação e dissolução estiveram presentes. Entretanto, o estudo das fontes primárias não foi conclusivo, mas a presença de minerais indicadores nos indica estas fontes. A ocorrência de certas rochas em meio aos metassiltitos do Grupo Bambuí, com estrutura discordante e mineralogia diferenciada, sugere a necessidade de pesquisas adicionais mais detalhadas voltadas para essas possíveis intrusões.

## **ABSTRACT**

The region of Rio Borrachudo, Tiros - MG is inserted in a diamond province of Minas Gerais. Although this region has been little studied, several reports of diamonds motivate us to do a more detailed research of both the mineralogy and for the possible primary sources of this region. Diamonds found in the alluvial of the Borrachudo River have excellent gemological quality, with high degree of purity and a color pattern of high commercial value. The size is limited, ranging from 0.10 to 0.30 ct, but there is a presence of giant stones. Through texture and morphological characterizations of the diamonds it is concluded that they had high dissolution, with the chips, flats, octahedral and its descendents (rhombohedral dodecahedrons) forms being found. The abrasion study indicates little mechanical wear to the superficial displacement, suggesting that the primary sources are in close proximity. The comparison with diamonds found in two different locations in the Abaeté River, Bombas and Fortaleza, allowed us to find significant differences between diamonds from the three locations. The texture of those diamonds surface indicates the same sequence of formation and dissolution events for the three areas, suggesting they had undergone the same processes. The study of primary sources was not conclusive, but the study of the indicator minerals indicates these sources. The presence of "rocks" in the midst of siltstones of the Bambuí Group with discordant structure and differentiated mineralogy, suggests the need for further research in these regions.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O Brasil produz diamantes há quase 300 anos em regime de garimpagem. Segundo Barbosa (1991), o primeiro diamante no país foi encontrado por Francisco Machado da Silva, no ano de 1714, em um garimpo de ouro denominado São Pedro, no Córrego do Machado ou Pinheiro, próximo a Diamantina (MG). Desta época até 1870, o Brasil foi o maior produtor de diamantes do mundo, quando então foram descobertos diamantes na África do Sul.

No presente, a região diamantífera do Alto Paranaíba é uma das mais importantes produtoras do Brasil. Ela é responsável por produção contínua nos dois últimos séculos, incluindo grandes pedras excepcionais e de cores variadas como incolor, rosa, verde esmeralda, vermelho, amarelo, azul e marrom. A região é considerada como a terra dos grandes diamantes, sendo identificadas na mesma dezenas de diamantes com pesos maiores que 100 ct (Leonardos, 1956)

Somente poucas fontes primárias do diamante brasileiro são conhecidas. Vários corpos foram descritos, estudados, mas nenhum deles ainda gerou uma mina. Chaves et al. (2008) descrevem o kimberlito Canastra-1 como a primeira fonte primária economicamente viável do Brasil. A empresa canadense Lipari apresentou em 2013 o plano de exploração de vários kimberlitos mineralizados na região de Braúna (Nordestina, BA), com produção esperada para 2014 de 225.000 ct (Brasil Mineral, 2013).

Sobre a região do Rio Borrachudo, embora pouco explorada, relatos demonstram que sua bacia hidrográfica tem fornecido diamantes por vários séculos, inclusive com pedras gigantes, acima de 300 ct, além de muitas de excepcional qualidade. No entanto, nenhum trabalho foi realizado para descrever tais depósitos e sua mineralogia, ou procurar suas possível(is) área(s)-fonte(s).

Empresas de grande porte realizaram trabalhos de pesquisa praticamente em todo Brasil, a partir da década de 1970. Entretanto, segundo fontes internas da mineradora sul-africana SOPEMI (Grupo De Beers), a principal pesquisadora de rochas-primárias no país, na região enfocada nenhum trabalho de maior importância foi efetuado.

## 1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de pesquisa está localizada no município de Tiros, oeste de Minas Gerais, ao longo do Rio Borrachudo, próximo ao lugarejo denominado Canastrão (Fig. 1), a aproximadamente 70 km da sede da cidade. Ela envolve um polígono de 10 km x 15 km (Fig. 2), delimitado pelas coordenadas UTM: 420000 – 7934000, 430000 – 7934000, 430000 – 7948000, e 420000 – 7948000.

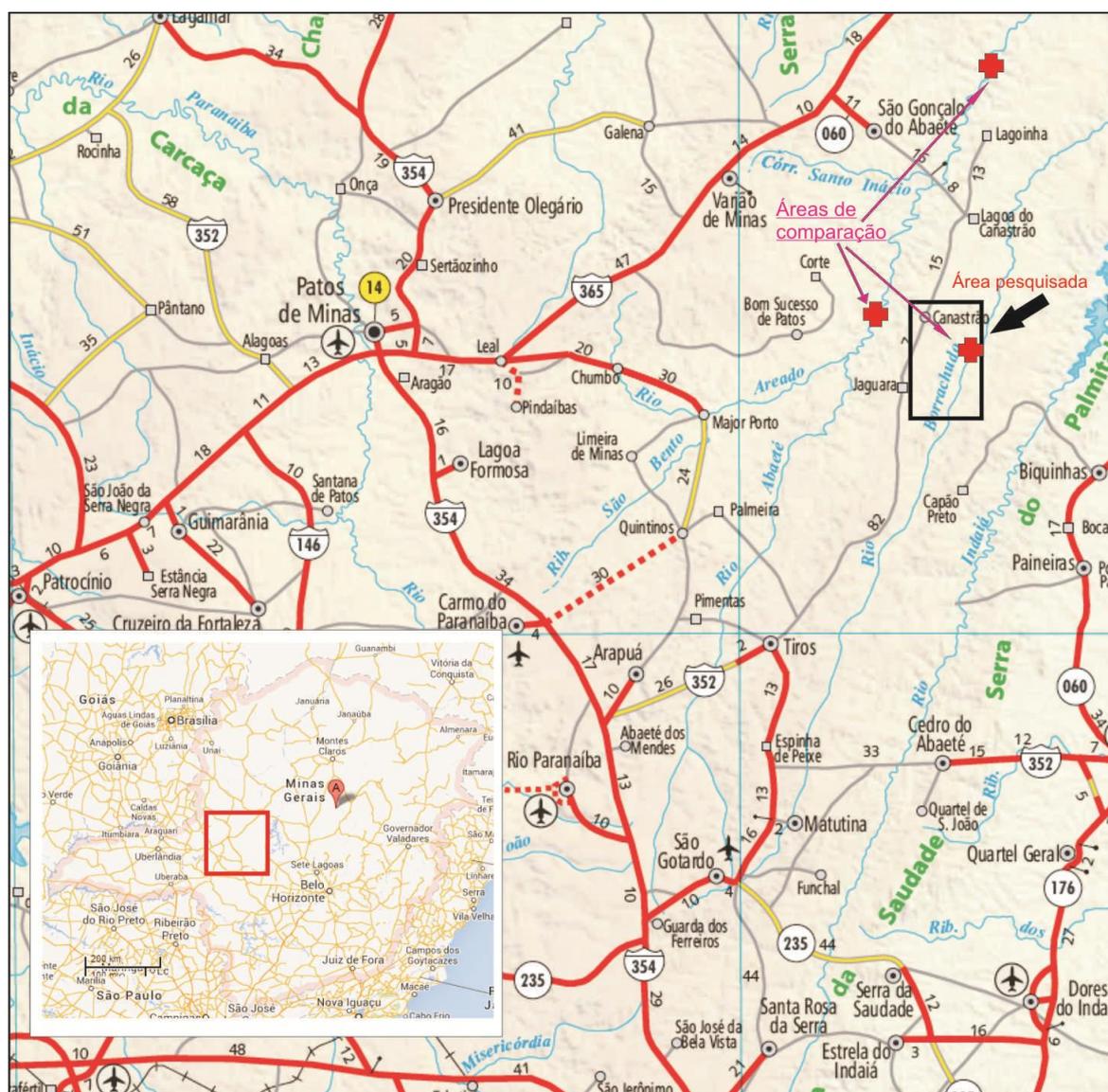
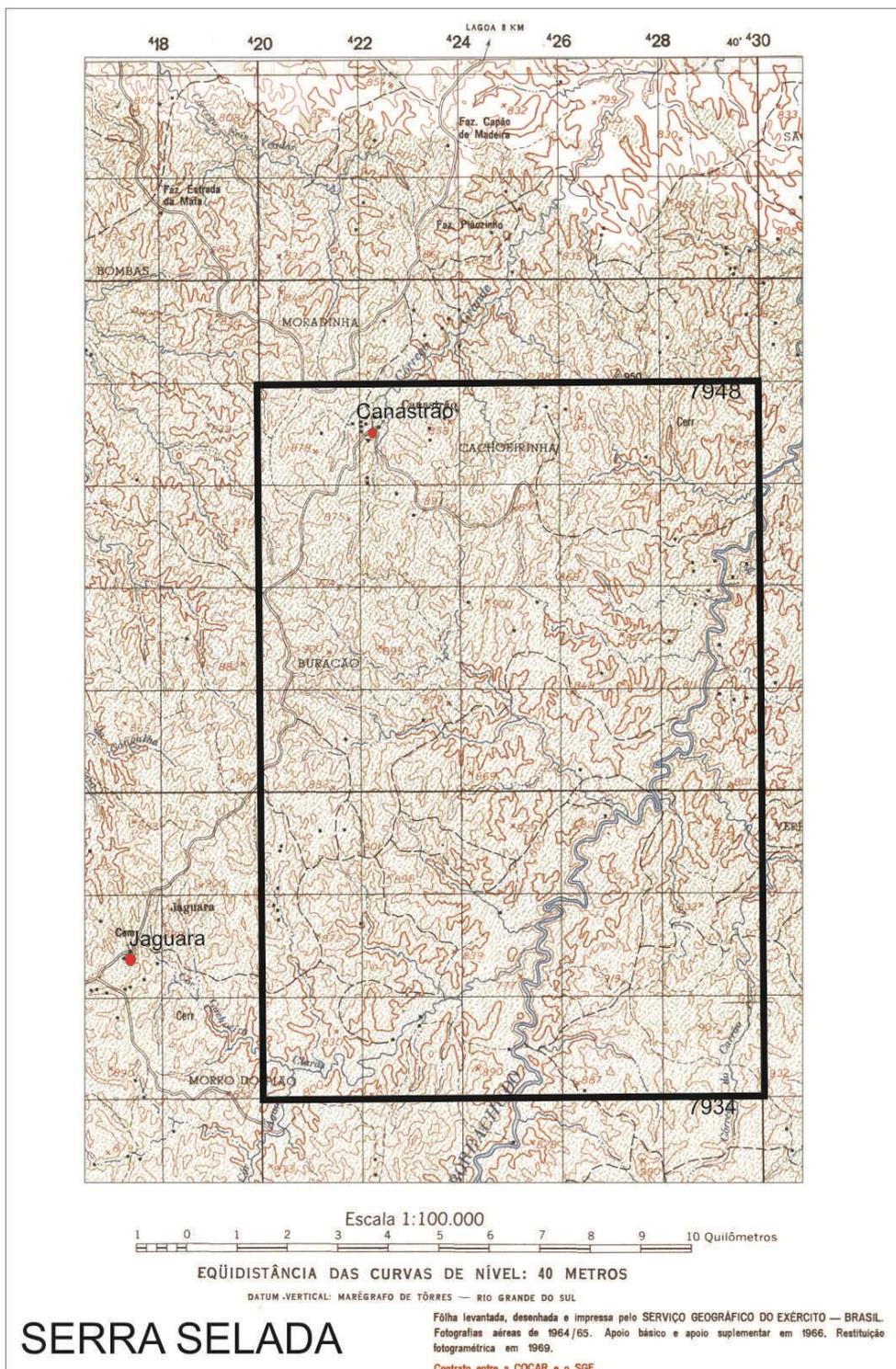


Figura 1: Localização e acesso da área de estudo, no município de Tiros (MG).

O acesso à área principal da pesquisa desde Belo Horizonte pode ser feito de duas maneiras. Na primeira, pela rodovia BR-040, segue-se no rumo de Brasília até o trevo com a BR-365 (Canoeiros), onde se toma a esquerda no sentido de São Gonçalo do Abaeté, seguindo em direção a Tiros, e depois tomando-se a esquerda até a localidade de Canastrão

por mais 12 km. Na segunda, pelas rodovias BR-381 e BR-262 no sentido do Triângulo Mineiro, por cerca de 220 km, até a BR-354, e depois pela BR-352 passando por São Gotardo até Tiros, e depois à direita até Canastrão. Dos dois modos, por mais 12 km segue-se até a sede da empresa Petrus Mineração Ltda.

## Mapa de Localização

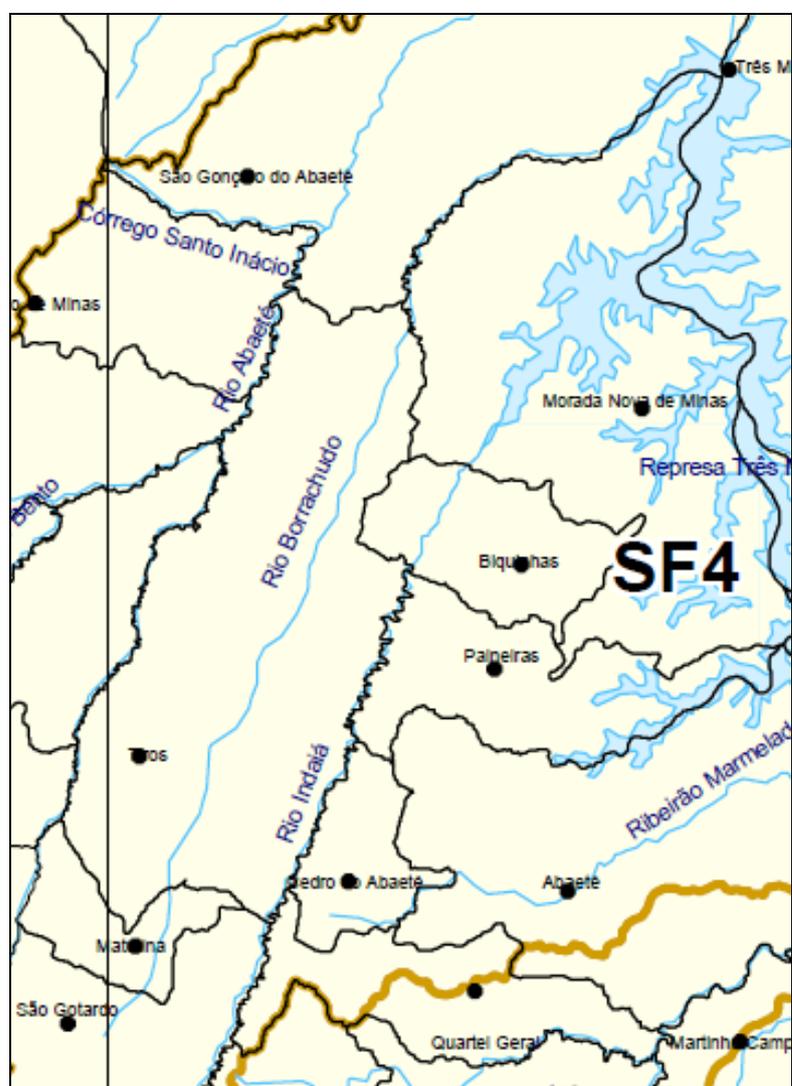


**Figura 2:** Mapa de localização em detalhe da área de estudo (Folha Serra Selada – Serviço Geográfico do Exército).

### 1.3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

#### 1.3.1. Hidrografia

A região do Rio Borrachudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Fig. 3). O Rio Borrachudo nasce na localidade de Alto Borrachudo (1.125 m de altitude) no município de São Gotardo, passando pelos municípios de Matutina e Tiros, e depois separa os municípios de São Gonçalo do Abaeté e Morada Nova de Minas até desaguar na represa de Três Marias (Fig. 3). Ele está encaixado em rochas neoproterozóicas do Grupo Bambuí, mas recebe também material da erosão de rochas do Grupo Areado (Cretáceo Inferior) e de coberturas recentes. Tal rio segue um notável paralelismo com outros dois da região, os rios Abaeté e Indaiá.



**Figura 3:** Localização do Rio Borrachudo no mapa político de divisões municipais.

A direção principal do curso do Rio Borrachudo é no sentido SSW-NNE, encaixado em uma zona de fraturamento de rochas orientadas ortogonalmente ao seu curso principal (NNW). Tal fato propicia a formação de verdadeiras armadilhas (*traps*) que “seguram” o diamante em certos trechos do meio aluvionar.

O rio possui uma calha média estreita de aproximadamente 30 m, sendo extremamente encaixada. A lâmina de água é bastante pequena na maior parte do ano (20 a 40 cm) e há uma formação de “locas” onde a água passa com maior velocidade e estas se alternam com frequência. Tal calha é preenchida com areias oriundas das encostas de áreas com rochas do Grupo Areado. Na época de cheia, o rio trabalha com uma lâmina de água de aproximadamente 2 m, podendo chegar a 8 m, e assim as areias são deslocadas rio abaixo, propiciando o processo de assoreamento na represa de Três Marias.

São vários os córregos tributários do Rio Borrachudo dentro da área de pesquisa, onde os córregos Grande e Claro constituem os principais. O Rio Borrachudo possui um percurso de 229 km e sua bacia uma extensão aproximada de 120 km na direção NNE e mais 16 km na direção EW até desaguar na represa. A largura de sua bacia é variável, sendo mais larga na margem esquerda (8,5 km) do que na margem direita (5,5 km). A vazão mínima é da ordem de 2,4 m<sup>3</sup>/s e máxima de 138 m<sup>3</sup>/s (DNPM/MME, 1989).

O índice pluviométrico médio anual da região é de 1022 mm com escoamento superficial 13,5 l/s.km<sup>2</sup> (Oliveira, 2007).

### **1.3.2. Geomorfologia**

A região do Rio Borrachudo está compreendida em uma única morfoestrutura correspondente a Bacia Sedimentar Sãofranciscana, mostrando em sua calha escavada rochas do grupo Bambuí, e nos altiplanos os arenitos do Grupo Areado. A morfoestrutura do Planalto do São Francisco apresenta neste trecho dois compartimentos morfoesculturais distintos: uma superfície preservada e outra dissecada. Uma delas é a unidade formada por superfícies tabulares (chapadas com coberturas sedimentares, predominantemente arenosas) delimitadas geralmente por rebordos erosivos bem marcados, cobertos por cerrado ou campos. Por outro lado, as áreas dissecadas e deprimidas correspondem a afloramentos arrasados e compreendem o piso regional do relevo, que é afetado por rios que correm em direção ao São Francisco (Oliveira & Rodrigues, 2007)

No “Planalto do São Francisco com Superfície Rebaixada” as unidades morfológicas existentes se apresentam como (Oliveira & Rodrigues, 2007):

- Forma denudacional côncava com grau de entalhamento forte e dimensão interfluvial grande (1500 a 700 m), ocorrendo em áreas com altitudes que variam de 800 a 900 m;
- Forma denudacional aguçada com grau de entalhamento forte e dimensão interfluvial pequena (300 a 100 m). Esse padrão de relevo ocorre próximo ao Rio Borrachudo, em altitudes que variam de 600 a 800 m, onde estão os terraços com cascalhos diamantíferos.

#### **1.4. NATUREZA DO PROBLEMA**

A região do Rio Borrachudo não foi ainda convenientemente estudada, embora existam relatos da presença de diamantes desde o século XVIII (Couto, 1842). Até o presente momento, nenhum trabalho mais específico sobre a presença de rochas primárias portadoras de diamantes ou descrições mineralógicas sobre o mineral nesta região foi apresentado.

A caracterização dos diamantes das regiões dos rios Borrachudo e Abaeté, identificando suas morfologias, texturas superficiais e aspectos gemológicos pode fornecer informações fundamentais para o entendimento da sua origem e da possível presença de rochas primárias nas proximidades.

O estudo da morfologia permite o conhecimento das condições de pressão e temperatura, e a análise das texturas e figuras superficiais, como as figuras de dissolução, mostram evidências da exposição do magma primário. Além disso, o estudo da abrasão fluvial possibilita a identificação do desgaste superficial do diamante, inferindo-se o tamanho relativo do transporte sofrido. As análises conjuntas destes dados, por conseguinte, permitem fornecer dados importantes para reconstruir a sequência de eventos ocorridos desde a cristalização dos diamantes.

A comparação destes dados com os de outras áreas permite obter informações suficientes para discernir sobre suas possíveis fontes, além de caracterizar a presença (ou não) de “famílias” ou populações distintas de diamantes.

## 1.5. METODOLOGIA

A área em questão vem sendo pesquisada e explorada pela empresa Petrus Mineração Ltda desde o ano de 2003, sendo que todos os dados levantados foram disponibilizados para este trabalho. Após pesquisa bibliográfica, levantamento desses dados já existentes e reconhecimentos de campo, o trabalho dividiu-se em dois eixos principais: a descrição e caracterização dos diamantes dos rios Borrachudo e Abaeté, e o mapeamento detalhado da primeira área com ênfase em possíveis fontes primárias dos diamantes.

Os diamantes encontrados foram caracterizados no laboratório da empresa Petrus Mineração Ltda, situada na cidade de Patos de Minas. Foram analisados os diamantes dos depósitos aluvionares do Rio Borrachudo (UTM 428869/7943203 - Mina Canastrão), além dos diamantes do Rio Abaeté em dois pontos distintos: região das Bombas (UTM 4152203/7950143) pertencente à empresa Giacampes Diamond Ltda e à região da Fortaleza (UTM 429228/7983597), pertencente à empresa GAR Mineração Ltda, ainda somados aos dados coletados por Benitez (2009) também na região da Fortaleza.

### 1.5.1. Campo

O mapeamento geológico foi executado em escala 1:50.000 tomando como base o mapa CODEMIG (Folha SE-23-Y-B-V, Serra Selada, escala 1: 100.000) e imagem fornecida pela Google Earth em escala 1:10.000. A área da pesquisa está localizada entre as coordenadas 420000/7934000 – 430000/79343000 – 430000/7948000 – 420000/7948000. As estruturas visualizadas das imagens foram confirmadas e plotadas diretamente no mapa com *overlay*, bem como os dados das medidas de acamamento, falhas e contatos litológicos. Foi utilizado para mapeamento GPS Garmin (Montana 650T), bússola e máquina fotográfica, sendo fotografados todos os pontos mais importantes.

Nas drenagens principais foram coletadas amostras de 20 litros de material, passando por peneiras e por fim bateia. O concentrado foi examinado em magnificação 10x. A decisão de afunilamento da amostragem subindo as drenagens foi realizada no próprio local.

Nas possíveis “fontes primárias” encontradas, coletaram-se também amostras de 20 litros. Após peneiramento e concentração em bateia (fração < 30 *mesh*), o material foi

devidamente armazenado e etiquetado para análise laboratorial. As amostras em frações maiores não foram coletadas, pois não apresentavam visualmente minerais indicadores.

Foi realizado também o mapeamento e a descrição dos aluviões. O mapa foi confeccionado na própria empresa e apresentado originalmente em relatório final de pesquisa ao DNPM, processo 833.281/2003 (Petrus Mineração, 2006). Nos aluviões a coleta de minerais se deu na planta desta empresa. O equipamento “Rotary Pan”, após processar aproximadamente 60 m<sup>3</sup> de cascalho, permitiu a coleta de amostras em várias frações. Todo material, inclusive os diamantes recuperados, foram enviados para o laboratório.

### 1.5.2 Laboratório

O concentrado das amostras foi estudado no IGC - Universidade Federal de Minas Gerais, para identificação e análise química de possíveis minerais indicadores, tais como ilmenita, cromita e granada.

As análises de minerais indicadores foram realizadas no Laboratório de Microanálises (LMA), do Departamento de Física, do IDEX/UFMG. O resultado das análises químicas da ilmenita foram tratados em planilha e plotadas em gráficos, tomando-se como referência o trabalho do Wyatt et al. (2004), sendo plotadas as relações TiO<sub>2</sub> (%) x MgO (%) e Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(%) x MgO (%). O equipamento utilizado é da marca JEOL – JXA-8900 Superprobe, dotado de quatro espectrômetros e adequado a fornecer análises qualitativas (EDS) e quantitativas (WDS) dos minerais.

Para a caracterização dos diamantes foram utilizados, no laboratório da Petrus Mineração Ltda, os seguintes equipamentos:

- Microscópio gemológico Bausch & Lomb – Stereozoom 7 (10 a 70X);
- Lupa de mão *triplet* de magnificação 10x;
- Digital Microscope Kaiomy (Câmera, magnificação 200x);
- “Gem Diamond Lite” com luz fluorescente (5500° Kelvin);
- Polarizador;
- “Master Stone” de zircônia cúbica;
- Luz ultravioleta;
- Balança de precisão Mettler Toledo CB203 (610ct Máx. precisão 0,001ct)
- Caneta de Identificação “Presidium Diamond Mate-C”;

- Ferramentas de manuseio.

A descrição das amostras em laboratório foi devidamente cadastrada em um sistema para tratamento de dados, utilizando-se para tanto as seguintes características:

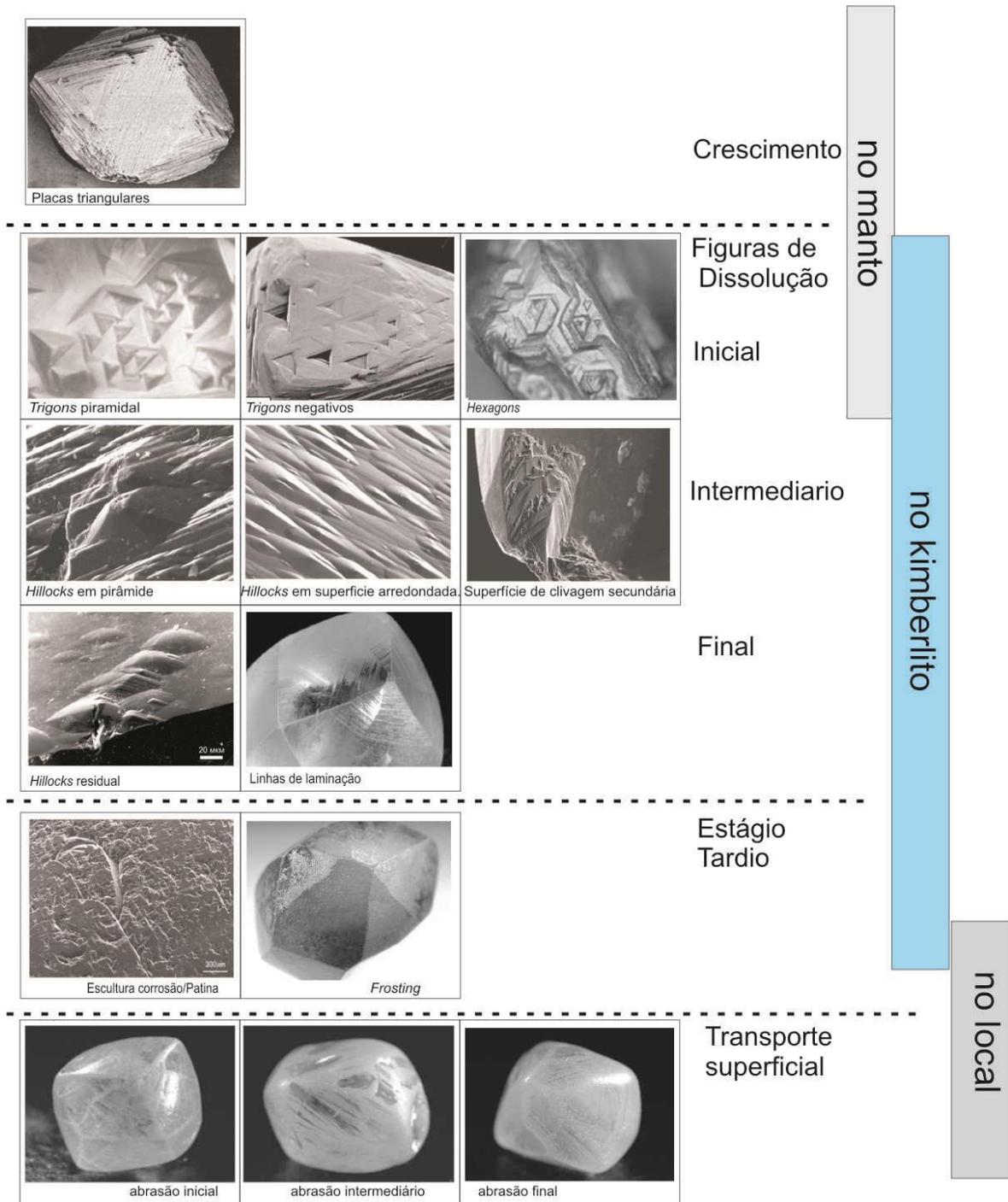
- Peso da pedra, em quilates;
- Forma cristalográfica (Fig. 4);
- Cor da pedra, referenciadas pelo “*Master Stone*” (D a Z+ e *fancy*);
- Cor secundária, ou traços de cor, quando esta se tratava da classificação do branco (marrom ou amarelo);
- Tipo de inclusão. Embora a pureza não tenha sido especificada pelos tipos de inclusão, é importante definir o tipo de inclusão para entendimento quanto a sua formação, e assim pode-se ter: bolhas, cristais, jaças e clivagem;
- Mancha (*hot spot*), sendo esta definida como: sem mancha, verde e marrom;
- Fluorescência (conceito do GIA por cor e intensidade): *none, faint, medium, strong* e *very strong*;
- Abrasão, o processo de desgaste mecânico através do transporte sedimentar utilizando os seguintes critérios: sem faceta original, pequenas facetadas visíveis, quinas e/ou arestas gastas; sem sinal de rolamento e desgaste
- Figuras de dissolução (Fig. 5).

	<b>Cubo</b>	<b>Octaedro</b>	<b>Rombododecaedro</b>
01		10	20
02		11	21
03		12	22
04		13	23
05		14	
06		15	<b>Hexaoctaedro</b>
07			30
	<b>Cubo piramidado</b>	<b>Icositetraedro</b>	<b>Trioctaedro</b>
40		50	60
	<b>Geminado</b>	<b>Chip</b>	<b>Flat</b>
70		80	90

**Figura 4:** Formas cristalográficas, mostrando suas evoluções no processo de dissolução. Formas: cúbica (01 a 07), octaédrica (10 a 15), rombododecaédrica (20 a 24), hexaoctaédrica (30), cúbica piramidada (40), icositetraédrica (50), trioctaédrica (60), geminadas (70), *chip* (80) e *flat* (90) (conforme Svisero, 1971).

Para um tratamento mais adequado dos dados foram utilizados os trabalhos de Khokhryakov & Pal'Yanov (2007) e Tappert & Tappert (2011), para a definição e interpretação da morfologia, texturas superficiais, figuras de dissolução e abrasão.

# Texturas superficiais no diamante



**Figura 5:** Texturas superficiais do diamante (modificada de Tappert & Tappert, 2011), mostrando as figuras de dissolução nos estágios inicial, intermediário e final, para cristais octaédricos e seus descendentes, e rombododecaédricos.

## 2. GEOLOGIA REGIONAL

A área deste trabalho está inserida em um ambiente geotectônico de cráton, considerando-se que as áreas estão situadas na extremidade sul do Cráton do São Francisco (Almeida, 1977), predominando as rochas de cobertura neoproterozoica do Supergrupo São Francisco. Estas são compostas de sequências detríticas do Grupo Bambuí e com menor expressão as mesozoicas, representadas pelos grupos Areado e Mata da Corda, além de sedimentos do Terciário e do Quaternário (Fig. 6).

São encontradas inúmeras intrusões kimberlíticas no segmento central do cráton (Fuck & Pereira, 2005), a maior parte delas datadas no Cretáceo. Na Serra da Canastra, ocorrem diversas intrusões férteis, destacando-se o kimberlito Canastra-1 (Chaves et al. 2008). Este corpo foi datado como do Cretáceo Inferior ( $120 \pm 10$  Ma), por K/Ar em flogopita (Fuck & Pereira, 2005). Outras intrusões contendo diamantes foram datadas como Proterozoico Superior, como os de Braúna, na Bahia ( $682 \pm 20$  Ma, conforme Pisani et al. 2001; ou  $678 \pm 13$  Ma, conforme Donatti et al., 2010).

Os vales paralelos dos rios Abaeté, Borrachudo e Indaiá seguem aparentemente falhas normais, sugeridas como oriundas de um sistema extensional (Fuck & Pereira, 2005), o que poderia facilitar o *emplacement* de intrusões kimberlíticas.

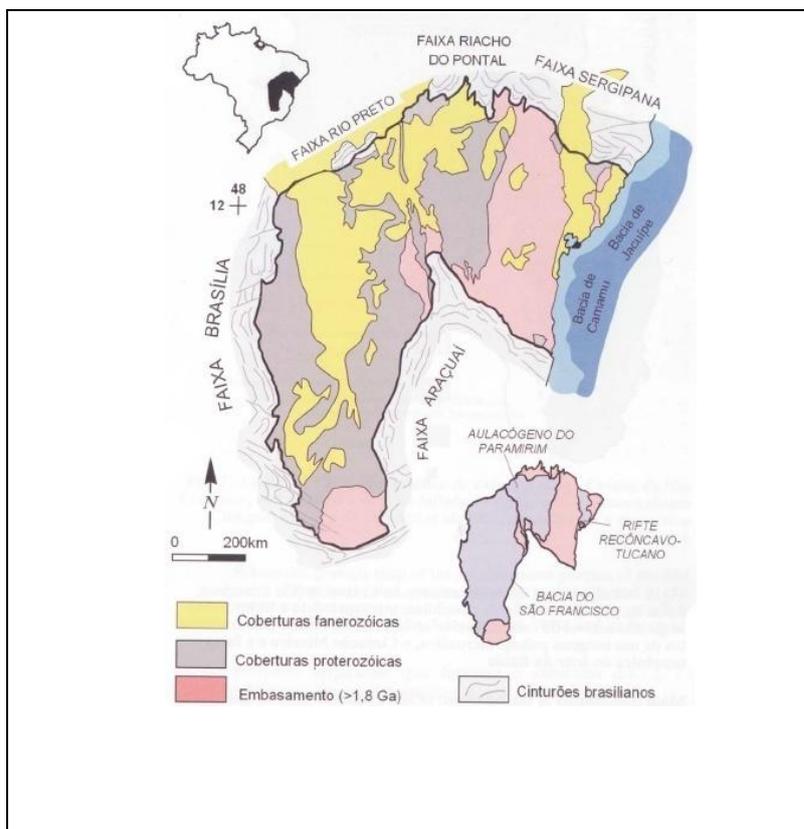
Existem várias menções sobre a presença de diamante na região do Rio Borrachudo, relatadas desde o século XVIII (Couto, 1842; Pires, 1885; Oliveira, 1936; Barbosa et al., 1970). Nesta região, precisamente na localidade de Canastrão, registros do início do século XIX, fazem referência a possíveis corpos kimberlíticos (“De accôrdo com as observações do Dr. H. Williams e de outros auctores, mas para o Sul, em Mesa de Canastrão, Moradinhas, etc, há afloramentos de massas eruptivas de picrito-porphyrítico que, si fossem petrographicamente classificados como kimberlito, poderiam talvez ser considerados, de accôrdo com as occurencias sul-africanas, como a rocha matriz dos diamantes dessa região” (Oppenheim, 1934).

### 2.1. O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

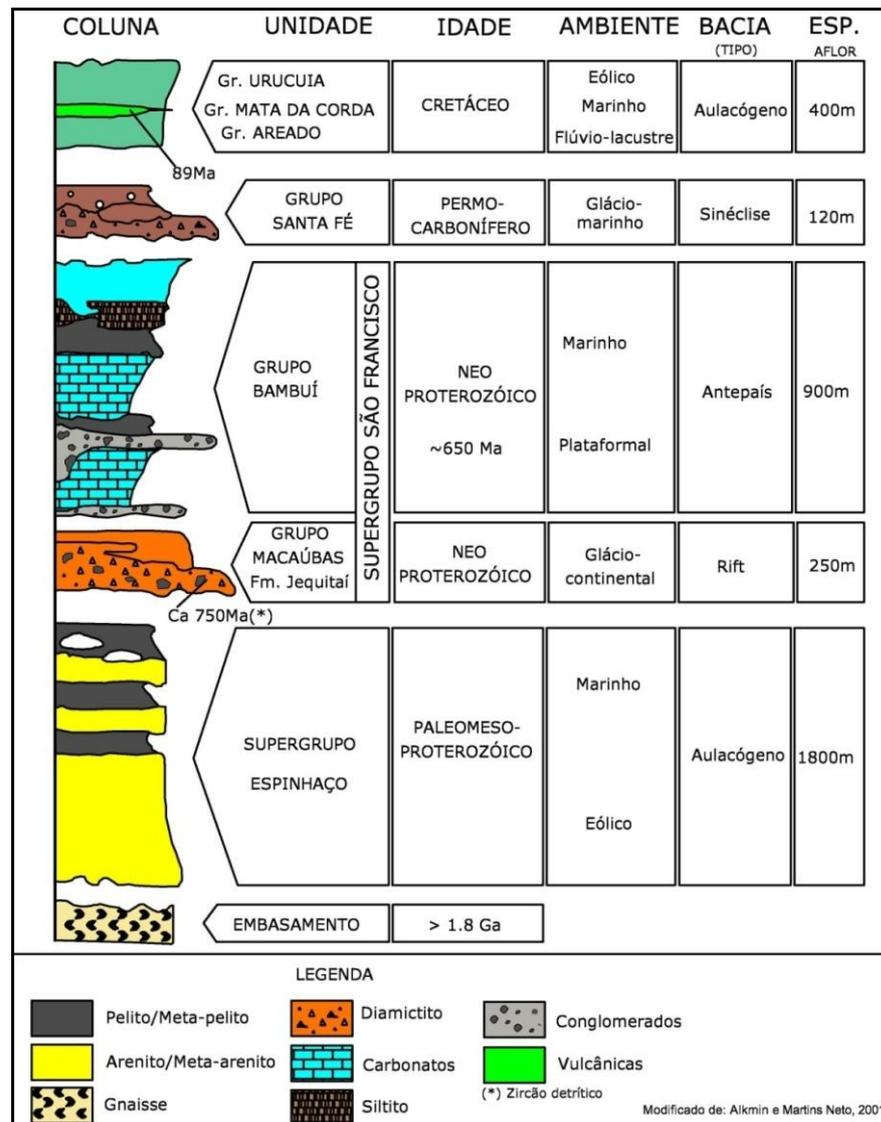
O Cráton do São Francisco (CSF, Almeida, 1967; Teixeira et al., 2000) está situado na parte centro-oeste da América do Sul, representando a melhor e mais acessível exposição do escudo pré-cambriano brasileiro. Acha-se praticamente encoberto por grandes unidades

morfotectônicas (Bacia do São Francisco, Aulacógeno do Paramirim, e grande parte do Rifte Recôncavo–Tucano) e bacias neoproterozoicas de antepaís. No extremo sul/leste do escudo, essas unidades são parcialmente cobertas pelos grupos Bambuí e Paranoá (Neoproterozoico) e sedimentos fanerozoicos.

Os limites do CSF (Fig. 6) são traçados ao longo de zonas orogênicas brasileiras e acham-se representados ao sul e a oeste pela Faixa Brasília, a noroeste pela faixa Rio Preto, a norte pelas faixas Riacho do Pontal e Sergipana, e a leste pela Faixa Araçuaí, bacias do Jequitinhonha, Almada, Camamu e Jacuípe. Seu embasamento é formado por um núcleo arqueano consolidado (2,6 Ga) que se estabilizou após o término do Evento Transamazônico. A partir daí, deu-se a formação de complexa cobertura sedimentar, armazenada nas bacias do São Francisco e no Aulacógeno Paramirim. Nestes sítios, registram-se duas fases de rifteamento (1,75 Ga e 950 Ma), inversão parcial durante o evento Brasileiro no Neoproterozoico, glaciação permo-carbonífera de residência Gondwânica, e marcantes repercussões da abertura do Atlântico no Eocretáceo, com renovado rifteamento (Alckmim, 2004).



**Figura 6:** Mapa geológico do Cráton do São Francisco (modificado de Alckmim et al., 1993).



**Figura 7:** Coluna estratigráfica da Bacia do São Francisco e seu embasamento (segundo Alkmim & Martins Neto, 2001).

## 2.2. ESTRATIGRAFIA

### 2.2.1. Grupo Bambuí

A sequência sedimentar do Grupo Bambuí foi depositada no Neoproterozoico (750-600 Ma) e constitui a cobertura de maior distribuição no Cráton do São Francisco (Iglesias & Uhlein, 2009). As litologias que compõem essa sequência foram inicialmente descritas por Rimann (1917), que a designou usando o termo Série Bambuí, para se referir aos calcários e ardósias da cidade mineira homônima. Esta unidade encontra-se superposta aos terrenos granito-*greenstones* que ocorrem no cráton, com exposições principalmente no sul, e às unidades psamo-psefíticas da Formação Jequitaiá e Grupo Macaúbas na porção centro-

oriental de sua ocorrência. O Grupo Bambuí representa associação de litofácies siliciclásticas e bioquímicas, na forma de sedimentos plataformais depositados em extenso mar epicontinental (Iglesias & Uhlein, 2009).

A sequência estratigráfica do Grupo Bambuí é representada, da base para o topo, pelas formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade, assentadas sobre o Complexo Basal, Supergrupo Espinhaço ou Grupo Macaúbas (Costa & Branco, 1961; Dardenne, 1978; in Iglesias & Uhlein, 2009).

#### *Formação Sete Lagoas*

A Formação Sete Lagoas constitui a unidade basal do Grupo Bambuí, composta por uma sucessão de calcários e dolomitos, individualizadas em sete litofácies (Iglesias & Uhlein, 2009):

- 1- Litofácies 1 – Dolomito rosa pálido laminado;
- 2- Litofácies 2 – Calcários argilosos, roxos microcristalinos, frequentemente dolomíticos;
- 3- Litofácies 3 – Calcários escuros, finamente cristalinos, bem estratificados;
- 4- Litofácies 4 – Brechas intraformacionais lamelares;
- 5- Litofácies 5 – Calcarenitos dolomíticos rosados ou cinza claros, oolíticos, por vezes, intraclásticos;
- 6- Litofácies 6 – Dolomito rosado, por vezes cinza, sacaróide, vacuolar, fortemente brechado e localmente oolítico, estromatolítico ou intraclástico;
- 7- Litofácies 7 – Dolomito bege, bem laminado, contendo estruturas estromatolíticas e oolíticas.

Datações feitas em rochas carbonáticas dessa formação demonstram que estas foram depositadas antes de  $686 \pm 69$  Ma (Babinski, 2005).

#### *Formação Serra de Santa Helena*

A Formação Serra de Santa Helena constitui uma sucessão sedimentar predominantemente pelítica. Ela é composta por siltitos, folhelhos e margas de cores esverdeadas (arroxeados quando intemperizados) e ainda, intercalações métricas de calcário cinza escuro. Representa o afogamento gradual da plataforma carbonática da formação

anterior e a deposição de uma sucessão em ambiente marinho plataformal (Iglesias & Uhlein, 2009).

#### *Formação Lagoa do Jacaré*

A Formação Lagoa do Jacaré é composta por calcários pretos a cinza, localmente oolíticos e pisolíticos, brechas intraclásticas, margas e intercalações de siltitos e folhelhos de cor esverdeada. A sedimentação regressiva desta formação sucedeu os depósitos da formação anterior, constituindo uma nova fase de instalação de plataforma carbonática de alta energia, sujeitas a constante retrabalhamento e episódio de tempestades (*hummockys*), intercalados com períodos de calmaria.

#### *Formação Serra da Saudade*

A Formação Serra da Saudade é representada por conjunto predominantemente pelítico. Ela é constituída por uma sucessão de siltitos, argilitos e folhelhos de cor esverdeada (amarelos, quanto intemperizados) finamente laminados. A deposição desta formação está relacionada à rápida transgressão marinha, que modificou as condições antes prevalescentes, evoluindo para um ambiente mais profundo e de águas calmas. Na região enfocada o *bed-rock* é formado por metassedimentos da Formação Serra da Saudade, predominantemente metargilitos a folhelhos alterados, que geram um solo argiloso rosado, misturado com fragmentos de rocha.

#### *Formação Três Marias*

A Formação Três Marias é representada por um conjunto de arcósios, arenitos e siltitos, de cores verde a cinza-esverdeado, contendo raras lentes de argilitos. Ela depositou-se em um contexto de borda de bacia e ocorreu após a deposição da Formação Serra da Saudade, a partir de significativa regressão, com predomínio de ambiente plataformal, evoluindo para um ambiente continental a transicional (flúvio-deltaico). No extremo sul da bacia (região de Lagoa Formosa) ocorrem metassedimentos de baixo grau com metadiamicritos associados, também correlacionáveis ao Grupo Bambuí (Campos & Dardenne, 1997).

### 2.2.2. Grupo Areado

A porção sul da Bacia Alto-Sanfranciscana encerra um pacote de rochas cretácicas assim distribuídas (Sgarbi et al., 2001): (a) uma sequência basal, do Cretáceo Inferior, predominantemente de origem fluvial, lacustrina e eólica, o Grupo Areado; e (2) uma sequência de topo, do Cretáceo Superior, o Grupo Mata da Corda, que inclui as formações Patos e Capacete, incluindo rochas vulcanoclásticas interdigitadas com depósitos de leques aluviais.

O Grupo Areado (Eocretáceo) consiste de depósitos característicos de ambiente continental, de arenitos fluviais e conglomerados. Segundo Campos & Dardenne (1997), essa é a unidade da Bacia Sanfranciscana com maior variação lateral de litofácies e as mudanças laterais são funções da atuação simultânea de diversos ambientes deposicionais, entre os quais leques aluviais, fluviais entrelaçados, flúvio-deltáicos, lacustres, campos de dunas e interdunas. É constituído pelas formações interdigitadas Abaeté, Quiricó e Três Barras:

A Formação Abaeté, na base, é constituída de arenitos calcíferos e conglomeráticos, siltitos, argilitos e folhelhos. Ela foi depositada por leques aluviais na porção sul da bacia e por sistemas fluviais entrelaçados nas demais regiões da bacia. As pequenas ocorrências de conglomerados e arenitos conglomeráticos da borda leste da bacia (região de São Gonçalo do Abaeté - Canoeiros) representam leques aluviais. Barbosa (1965) denominou inicialmente esta unidade como Membro Abaeté, definindo sua composição como sendo de conglomerados maduros e arenitos com ventifactos. Alcança espessuras da ordem de 200 m, na região de São Gonçalo do Abaeté - Presidente Olegário, adelgaçando-se para os lados.

A Formação Quiricó, na parte intermediária, enfeixa conglomerados, arenitos e siltitos que passam para argilitos, siltitos, arenitos e calcários bem expostos a sudeste de Presidente Olegário, depositados em ambientes lacustre-turbidítico passando a lacustre, localmente caracterizado por lagos bem estratificados. No topo, ocorrem siltitos e argilitos esverdeados com níveis betuminosos, arenosos e carbonáticos fossilíferos.

A Formação Três Barras é a sua unidade principal, que interdigita e sobrepõe as anteriores e foi depositada em ambiente fluvial de rios meandrantés. Inclui uma litofácies de planície de inundação fluviodeltáica, caracterizada pela alternância de arenitos finos a médios e argilitos ou folhelhos e uma litofácies de canal (leques aluviais, barras de canal, depósitos de canal, barras de meandros) representada por arenitos e arenitos conglomeráticos. Esta unidade apresenta maior espessura na porção sul da bacia (200 m)

enquanto, na região centro-norte, suas ocorrências são mais delgadas e descontínuas (máximo de 60 m).

### **2.2.3. Grupo Mata da Corda**

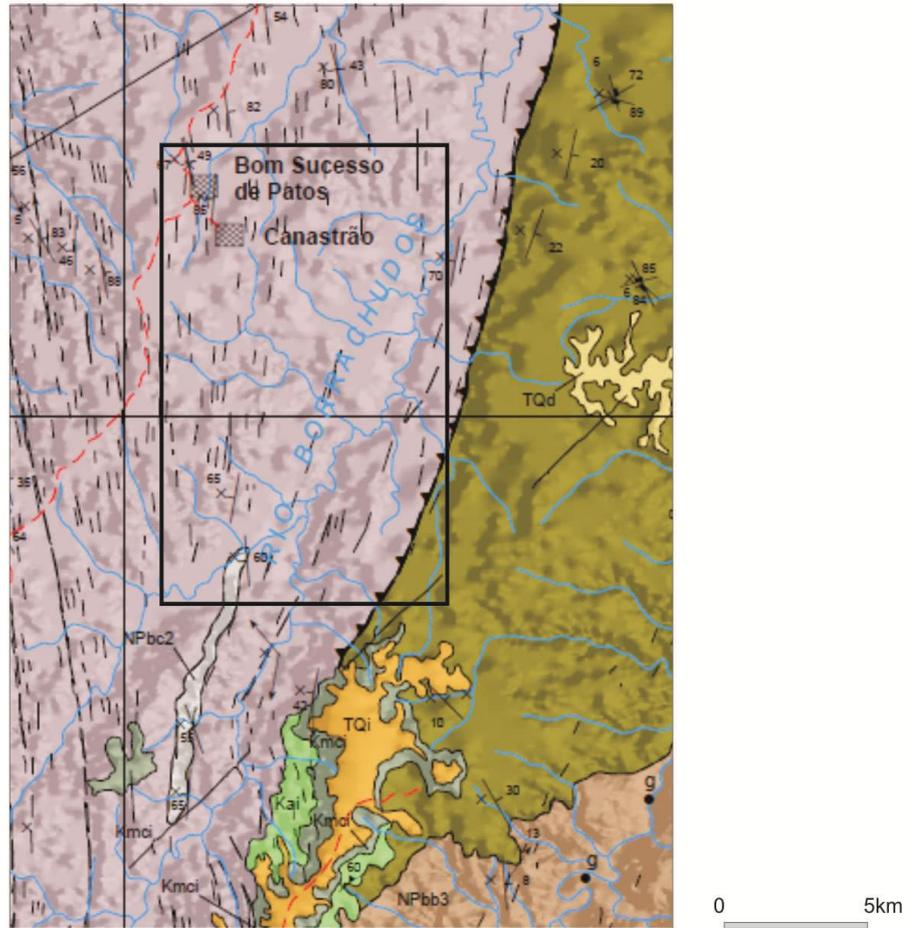
O Grupo Mata da Corda é formado por rochas siliciclásticas e piroclásticas de afinidade kamafugítica, além de corpos subvulcânicos concordantes e discordantes, sobrepondo-se ao Grupo Areado na Bacia Sanfranciscana (Campos & Dardenne, 1997). Ele é dividido em duas unidades: a Formação Patos e a Formação Capacete.

A Formação Patos é constituída por derrames, com brechas, lapilitos, tufos cineríticos máficos e ultramáficos de caráter alcalino, sob a forma de chaminés que ocorrem desde Presidente Olegário até São Gotardo;

A Formação Capacete é representada por sedimentos epiclásticos distais depositados a partir de fontes vulcânicas, com importante contribuição de areias eólicas. É constituída de arenitos cineríticos, localmente conglomeráticos, com cimento carbonático, que de maneira geral podem ser interpretados como depósitos de leques aluviais gerados nas encostas das centenas de edifícios vulcânicos.

A Província Ígnea do Alto Paranaíba é resultado de intenso magmatismo máfico-ultramáfico, ultra-potássico, gerando corpos intrusivos (diques, diatremas e complexos plutônicos) e extrusivos (lavas e depósitos piroclásticos), correspondendo a um dos maiores volumes de rochas ultra-potássicas do mundo (Gibson et al., 1995). Kimberlitos e rochas relacionadas de Coromandel e vizinhanças são datadas entre 75 e 85 Ma. Essas idades correspondem a diferentes pulsos vulcânicos associados ao desenvolvimento do alto estrutural do Alto Paranaíba.

A cobertura sedimentar é constituída essencialmente por rochas depositadas em ambientes continentais e rochas vulcânicas piroclásticas subordinadas, apenas presentes na porção sul da bacia.



**Figura 8:** Mapa geológico da região – Folha SE.23-Y-B Três Marias. MME – CPRM (Escala original 1:250.000).

### 2.3. SÍNTESE DA EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

Estruturalmente a região pode ser dividida em dois compartimentos. O primeiro compartimento engloba as litologias do Grupo Bambuí, que foram deformadas durante o Ciclo Brasileiro. O segundo compartimento compreende as unidades mesozoicas e cenozoicas, pouco afetadas por eventos deformacionais mostrando, portanto, as feições sedimentares intactas, dentre elas estratificações cruzadas de grande porte, acanaladas e plano-paralelas.

De forma geral a discordância entre os sedimentos da Bacia Sanfranciscana e os da Bacia do Bambuí constitui uma superfície plana, com mergulho suave para o norte. Esta superfície controla o acamamento sedimentar, que por sua vez controla o escoamento hídrico superficial.

Os seis estágios de evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana, segundo Campos & Dardenne (1997b), incluem as seguintes fases e suas características:

*Paleozoico* – fase pouco pronunciada, com acúmulo de sedimentos glaciogênicos do Grupo Santa Fé; *Neopaleozoico/Eomesozoico* – fase de reequilíbrios isostáticos pós-glaciais, com intensa erosão dos depósitos glaciogênicos; *Eocretáceo* – fase extensiva de abertura do Atlântico sul, responsável pela geração da Sub-bacia Abaeté; *Mesocretáceo* – fase de inversão tectônica da bacia, pós-rifte da margem continental, responsável pela geração da Sub-bacia Urucuia; *Neocretáceo* – influências das falhas oceânicas em zonas de fraqueza continentais, estágio de implantação do vulcanismo na Sub-bacia Abaeté; e, *Cenozoico* – fase neotectônica responsável pela implantação do padrão paralelo da drenagem.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As rochas de afinidade kimberlítica ou relacionadas que trazem os diamantes até as proximidades da superfície da terra podem ser compreendidas, conforme Dawson (1980), sobre três diferentes hipóteses quanto a sua formação:

- Zona de refinamento – proposta por Harris (1957; in Dawson, 1980), onde o magma sobe rumo à superfície sofrendo um processo de parada de solução ou zona de refinamento, similar ao uso metalúrgico de refinamento. Durante o movimento de subida no corpo do magma, os componentes maiores permanecem mais ou menos em equilíbrio entre o líquido e magma inicial em uma dada pressão. Estes elementos incompatíveis sofrerão contínuos enriquecimentos nos líquidos e, como o magma é ascendente, ele eventualmente entra numa região de baixa temperatura e parcialmente se cristaliza, diminuindo de volume, sofrendo fracionamento e aumentando a concentração de elementos residuais, tais como K, Rb, Cs, Ba, La e Pb. O efeito adicional da concentração de voláteis (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e F) diminui a temperatura de solidificação. Este resíduo é considerado por Harris & Middlemost (1969; in: Dawson, 1980) como kimberlito e, desde que contenha muita concentração de voláteis, estes podem originar explosões injetadas em grandes profundidades;

- Processo residual – proposto por O'Hara & Yoder (1967; in: Dawson, 1980) quando começando por uma associação entre granada-peridotito (granada + cromo-diopsídio + enstatita + olivina) e frações de magma parcial (granada + diopsídio) a profundidades de 80-100 km, acredita-se produzir um líquido com uma composição de picrito basáltico. A proporção refratária de olivina + enstatita permaneceria como dunito ou harzburgito e a cristalização fracionada, em altas pressões, de picrito basáltico, é proposta como a evolução para um cumulado de eclogito bi-minerálico e série complementar pobre em álcalis, em sílica de líquidos residuais. Estes possuem uma característica geoquímica de kimberlito e outras lavas potássico-ultrabásicas raras;

- Geração de kimberlito por um magma rudimentar – Dawson (1971; in: Dawson, 1980) considerou que a associação da flogopita em granada lherzolitito possui composição parental com uma flogopita titanífera primária proveniente de elementos incompatíveis (K, Ti, Rb, Ba) que são concentrados dentro do kimberlito.

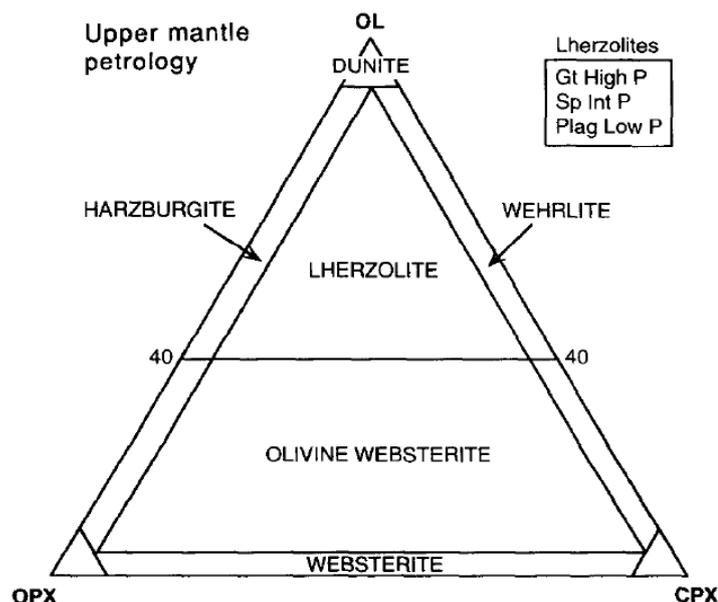
Meyer (1985) sugere que os diamantes sofrem processos de crescimento e dissolução e também levanta a possibilidade de diamantes serem formados como produtos reciclados de carbono subductado.

Bulanova (1995) salienta que o mecanismo de crescimento do diamante, camada por camada, ocorre em um ambiente tangencial livre (fluídico). A cristalização se dá no manto numa solução supersaturada de carbono em magma fluídico de sulfito-silicato.

Segundo Haggerty (1995), o manto superior é definido abaixo da crosta (sendo 0 a 10 km no oceano e 35 a 50 km no continente) até uma profundidade de 660 km. A zona de transição ocorre entre 410 e 660 km, e o manto inferior entre 660 e 2890 km. Assim sendo, as rochas que carregam consigo diamantes deveriam estar saindo do manto superior ou mesmo da parte superior do manto inferior. O magma kimberlítico que chega até a superfície percorre o conduto em altas velocidades e, desta forma, é considerado apenas um agente de transporte para os diamantes.

Os álcali-basaltos e os kimberlitos têm uma grande importância por trazerem consigo blocos e xenólitos mantélicos. A mineralogia do manto superior descrita através destes xenólitos tem no estudo da petrologia e geoquímica, a divisão da seguinte composição de rochas: poliminerálicas (lherzolitos, harzburgitos e dunitos), biminerálicas (eclogitos) e monominerálicas (olivina, piroxênio ou ilmenita).

Os xenólitos de kimberlitos e álcali basaltos podem ser expressos, segundo Haggerty (1995), relativo à sua composição em três eixos distintos, olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio (Fig. 9).



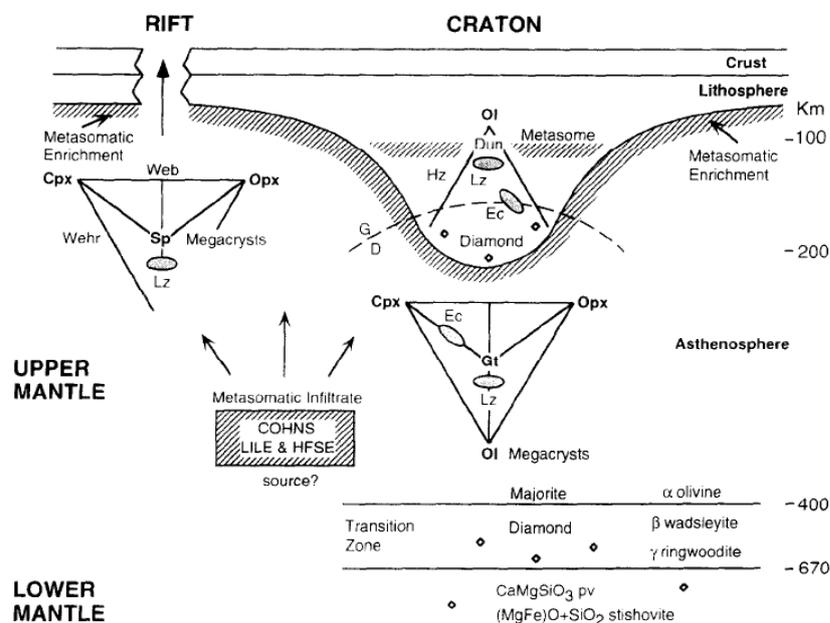
**Figura 9:** Tipos de rochas do manto superior em termos de olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio (Haggerty, 1995).

Lherzolitos são mais abundantes no manto superior, acompanhados de granadas de alta pressão (> 15 kb a ≈ 900°C), espinélios de pressões intermediárias (10-15 kb a ≈ 900°C) e plagioclásio de baixa pressão (<10 kb a ≈ 900°C). Harzburgitos, com ou sem granada ou espinélio, é característico de xenólitos kimberlíticos de zonas cratônicas (150-200 km). Wehrlitos e websteritos são mais típicos de riftes associados com álcali basaltos, em profundidades menores que 100 km.

Xenólitos de ultra pressão (> 300 km) são definidos por majoritos (granada-estruturada e piroxênio) e por soluções sólidas em granada. Lherzolitos e harzburgitos metassomatizados são encontrados em ambos, álcali basaltos e kimberlitos.

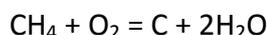
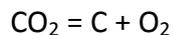
Eclogitos (granada + piroxênio onfacítico + jadeíta + diopsídio) são largamente distribuídos no manto superior e presentes em kimberlitos e raramente nos álcali basaltos. Eclogitos podem ter minerais acessórios como diamante, grafite, cianita, coríndon, sanidina e coesita.

O esquema mostrando o manto e minerais maiores e rochas esperadas do manto superior, zona de transição e manto inferior é apresentado na figura 10.

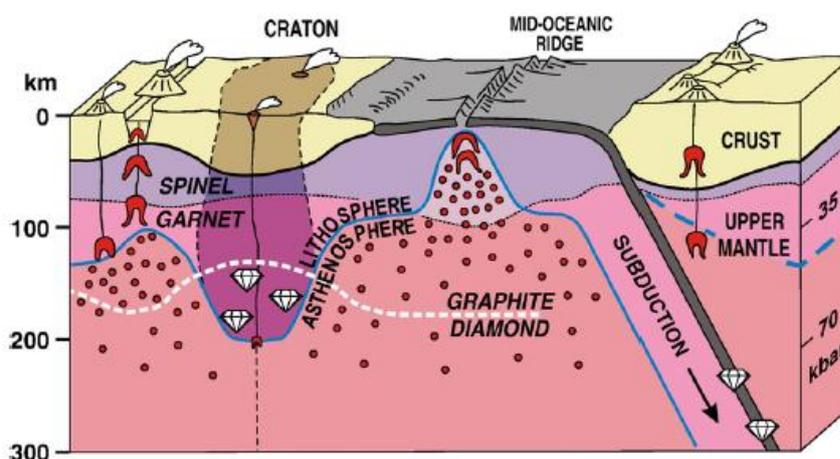


**Figura 10:** Seção esquemática do manto segundo Haggerty (1995). (Ec) eclogito, (CHNS) carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e enxofre, (LILE) elementos litofilos – íons grandes, (HFSE) elementos de alta energia, (D) diamantes, (G) grafita, (Sp) perovskita silicato.

A formação do diamante no manto é considerada como um processo metassomático (Haggert, 1999; Stachel et al., 2005). O agente do metassomatismo, a maioria como magma ou fluido supercrítico, quando se infiltra reage com as rochas do manto e o diamante cristaliza-se como consequência da redução do carbono via reações de redox:



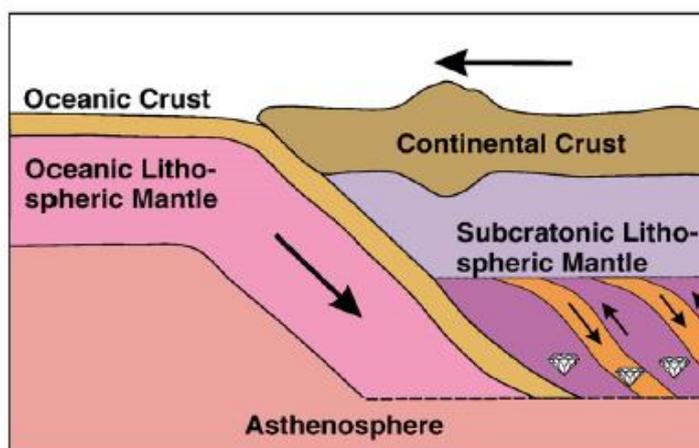
Stachel & Harris (2008) analisaram 5000 amostras de inclusões em diamantes e concluíram que o campo da composição comum destes minerais são peridotitos, eclogitos e websteritos em rochas sub-cratônicas litosféricas do manto. Inclusões de composição peridotítica são estabilizadas no cráton, em granada peridotito, mas refletem altos níveis de depleção em componentes basálticos (Fig. 11).



**Figura 11:** Esquema de seção vertical na crosta terrestre e manto superior (baseado em Brey & Stachel, 1997; in Stachel & Harris, 2008).

Stachel & Harris (2008) também ressaltaram que o manto superior é separado em duas camadas em função da mineralogia: fácies espinélio e fácies granada (Fig. 11).

Inclusões em diamantes e xenólitos eclogíticos diamantíferos indicam composições de picritos basálticos retirados do manto litosférico. Somente em poucas localidades xenólitos eclogíticos apresentam cumulos de picrito (pressões 10 a 20 kbar). As características de diamantes eclogíticos relativos ao atual fundo do mar basáltico podem estar relacionadas à composição de picritos komatiíticos do Arqueano até o Proterozoico Superior da crosta oceânica (Ringwood, 1991; Rudnick, 1995; in Stachel & Harris, 2008).



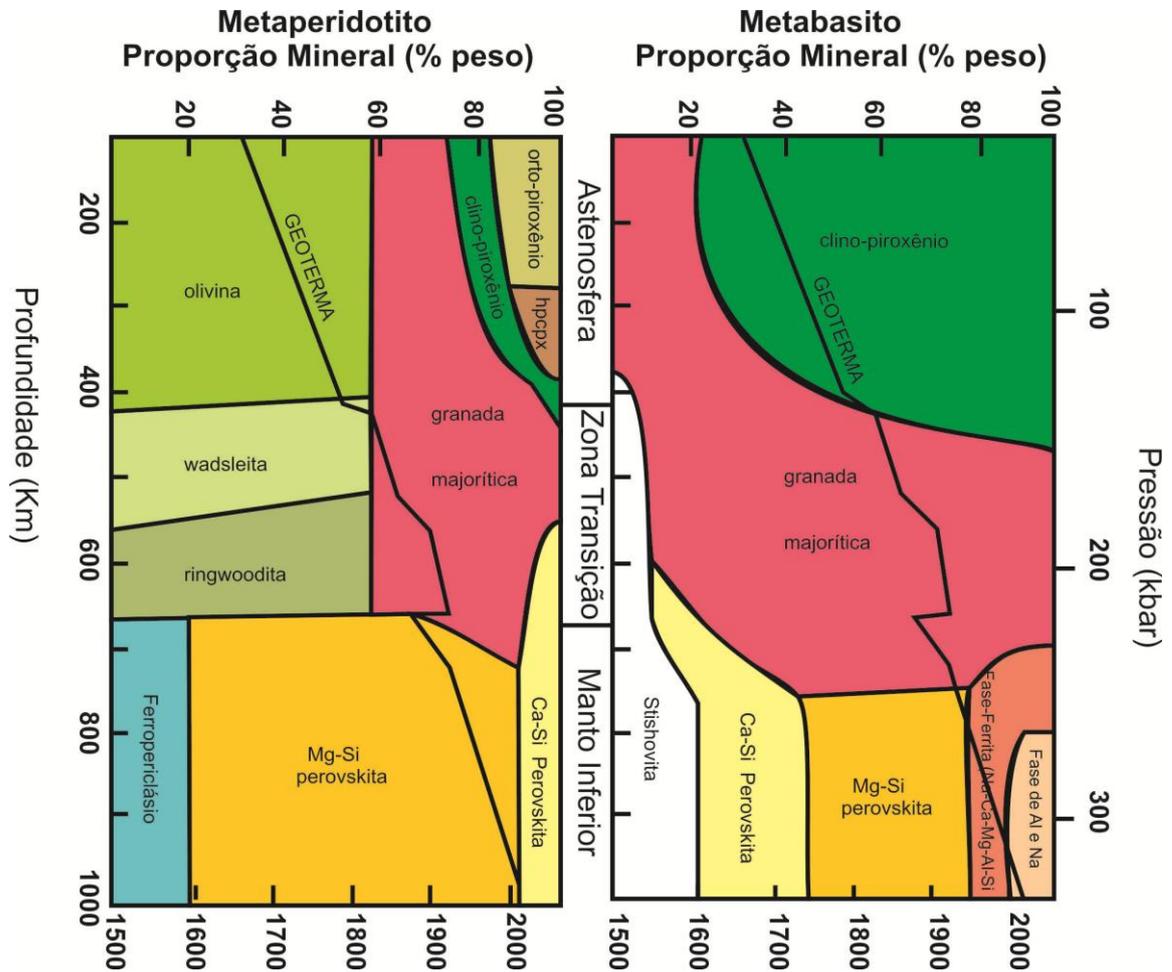
**Figura 12:** Modelo esquemático da origem da litosfera cratônica durante o Arqueano em eventos de subducção (Stachel & Harris, 2008). Em laranja a crosta basalto picrito.

Harte (2010) comparando dados experimentais com inclusões em diamantes naturais mostra que existe uma distribuição seletiva com a profundidade. Inclusões de afinidade básica vêm da astenosfera inferior e da zona de transição superior do manto inferior. Para as inclusões de afinidade ultrabásica a desidratação é associada com feições que envolvem hidro-silicatos de magnésio densos em placas subductadas frias. Para inclusões de afinidade básica isso não fica tão claro.

As feições gerais em diamantes naturais seguem as seguintes definições: a base da morfologia e as estruturas de crescimento interno são cristalizadas no manto ainda fluido em vez de estado sólido, estes fluidos podem variar de COH para carbonático e magmas ricos em silicatos, em pressões de 4,5 a 5,6 Pa (aproximadamente a 150 km de profundidade) e são considerados miscíveis uns com os outros. As inclusões nos diamantes são consideradas singenéticas e mantêm composição química constante. Entretanto mudanças de temperatura e pressão podem causar instabilidades nos minerais e serem substituídos por outras fases, ainda que o volume permaneça.

As idades da formação na litosfera dos diamantes, baseadas na datação radiogênica, são comumente arqueanas e proterozoicas, enquanto a idade da erupção foi principalmente fanerozóica. Com base em estudos sismológicos e da densidade terrestre calculada pela composição química das inclusões em diamantes e xenólitos mantélicos, em contraste com petrologia e geoquímica na terra e do sistema solar, o manto pode ser caracterizado como sendo formado por dois grandes grupos de rochas, representados por rochas de composição ultrabásica (peridotitos e metaperidotitos) e rochas de composição básica (basaltos,

eclogitos e metabasitos – termo mais abrangente). Harte (2010) mostra nos dois grupos suas composições mineralógicas conforme profundidade e pressão, identificando astenosfera, zona de transição e manto inferior (Fig. 13).



**Figura 13-** Proporção mineralógica em médias de rochas de composições de metaperidotitos e metabasitos em função da profundidade (100 a 1000 km). (adaptados de Stixrude e Lithgow-Bertelloni, 2007 e Perrillat et al., 2006; modificado de Harte, 2010).

Tappert & Tappert (2011) sintetizam os minerais incluídos em diamantes nas diferentes suítes da litosfera e sublitosfera (Tab. 1).

**Tabela 1:** Inclusões minerais em diamantes monocristalinos (modificada de Tappert & Tappert, 2011).

Inclusões Litosféricas		Inclusões Sublitosféricas	
<b>SUÍTE PERIDOTÍTICA</b>		<b>SUÍTE ECLOGÍTICA</b>	
Olivina..... $Mg_2(SiO_4)$	Granada Piropero-Almandina $(Mg,Fe)_3Al_2(SiO_4)_3$	Clinopiroxênio..... $(Ca,Na)(Mg,Al)(Si_2O_6)$	Cianita..... $Al_2O[SiO_4]$
Granada Piropero..... $Mg_3(Al,Cr)_2(SiO_4)_3$	Sanidina..... $K[AlSi_3O_8]$	Coesita..... $SiO_2$	Rutilo..... $TiO_2$
Orthopiroxênio..... $Mg_2(Si_2O_6)$	Corindon..... $Al_2O_3$	Orthopiroxênio..... $Mg_2[Si_2O_6]$	
Clinopiroxênio..... $(Ca,Cr)Mg(Si_2O_6)$			
Cromita..... $(Mg,Fe)Cr_2O_4$			
		<b>ASTENOSFERA / ZONA TRANSIÇÃO</b>	
		Granada Majorítica... $(Mg,Fe)_3(Al,Si)_2(SiO_4)_3$	
		<b>MANTO INFERIOR</b>	
		Ferropericlásio..... $(Mg,Fe)O$	
		Mg-Si-Perovskita..... $MgSiO_3$	
		Ca-Si-Perovskita..... $CaSiO_3$	
		TAPP..... $(Mg,Fe)_3(Al,Cr)_2Si_3O_{12}$	
		Stishovita..... $SiO_2$	
		Corindon..... $Al_2O_3$	
		Granada/Piroxênio tipo III... $(Na,Mg)(Al,Mg)Si_2O_6$	
Incertas e/ou raras inclusões em diamantes			
Ferro nativo.....Fe	Eskolaíta $Cr_2O_3$	Titanita $CaTiO(SiO_4)$	
Cromo nativo.....Cr	Perovskita $CaTiO_3$	Zircão $Zr(SiO_4)$	
Níquel-cromo ....NiCr	Ilmenita $(Mg,Fe,Mn)TiO_3$	Estaurolita $(Fe,Mg)_2Al_9O_6[(Si,Al)O_4]_4(O,OH)_2$	
Moissanita.....SiC	Loparita $(K,Ca,Sc,REE,Th)(Cr,Ti,Fe,Nb)O_3$	Chevkinita (Cr) $(REE,Sr,Th)_4(Mg,Fe,Ca)Cr_2(Ti,Al,Nb)_2O_8[Si_2O_7]_2$	
Cahenita.....FeC	Lindsleita $(Ba,Sc)(Ti,Zr,Fe,Cr)_{21}O_{38}$	Melilita $(Ca,Na)_2(Al,Mg,Fe)[(Al,Si)SiO_7]$	
Molibdenita..... $MoS_2$	Yimengita $K(Cr,Ti,Mg,Fe,Al)_{12}O_{19}$	Amfibolio $NaCa_2(Mg,Fe)_4Al[(Al_2Si_6)O_{22}](OH)_2$	
Fluorita..... $CaF_2$	Magnesita $Mg(CO_3)$	Flogopita $KMg_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$	
Wustita.....FeO	Calcita $Ca[CO_3]$	Plagioclásio $Na[AlSi_3O_8]-Ca[Al_2Si_2O_8]$	
Magnetita..... $Fe_3O_4$	Apatita $Ca[PO_4]_3(OH)$		

Harte & Richardson (2012) comentam que as três maiores suítes de inclusões silicáticas em diamante na litosfera mostram evidências de formação em profundidades maiores que 250 km. Duas destas são bem conhecidas como básica (granada majorítica) e ultrabásica (Mg-Si-perovskita + ferropericlásio). A terceira suíte, rica em cálcio, é caracterizada por carbonato, minerais de Ca-Si, Ti e alguns minerais de alumina. Esses autores propõem um modelo, onde em alguns locais diamantes profundos são formados durante a evolução de placas litosféricas oceânicas subductadas para a região superior do manto inferior e transportada por plumas com magmas carbonáticos de suítes enriquecidas em cálcio.

Shirey et al. (2013) observam que o diamante pode ser formado em altas profundidades (800 km), no entanto, concluem que cerca de 95% dos diamantes são formados em profundidades entre 150 a 250 km. Através de catodoluminescência, pode-se interpretar a história da formação dos diamantes, pois cada evento encontra-se registrado. Assim foi observado que diamantes podem sofrer crescimento, dissolução e posteriormente recrescimento. Este estudo das texturas internas no diamante possibilita também uma interpretação da trajetória do diamante dentro do manto e oscilações no seu crescimento.

O diamante vem sendo estudado há mais de um século, mas somente com a chegada de novas tecnologias que novas descobertas podem acontecer. Em 1980, foram descobertos diamantes em rochas metamórficas de fácies anfibolito-granulito e de lá para cá este fato

toma nova dimensão. O estudo de rochas metassedimentares do maciço de Kokchetv no Kazaquistão, vários autores mostram através de inclusões de diamantes em granadas, zircão, diopsídio, quartzo, cianita, turmalina, biotita, moscovita que terrenos metamórficos de alta pressão podem originar microdiamantes (Dobrzhinetskaya, 2012; Schertl & Sobolev, 2013; Shimizu & Ogasawara, 2013).

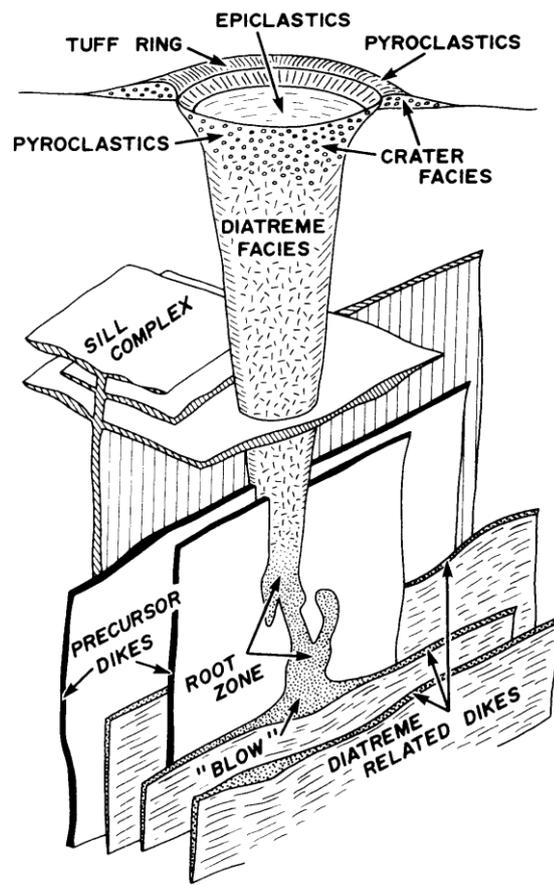
### **3.1. KIMBERLITOS, LAMPROÍTOS E ROCHAS RELACIONADAS**

Lewis (1888; in Dawson, 1980) propôs o nome de kimberlito após descrever petrograficamente uma rocha vulcânica como mica-peridotito porfirítico, contendo alguns xenólitos de folhelho carbonático e brecha vulcânica. Esse autor incluiu o diamante como um constituinte essencial do kimberlito.

#### **3.1.1. Kimberlito**

Kimberlito é uma rocha ultramáfica (MgO 15-40%, Dawson, 1980), potássica, rica em voláteis (dominantemente CO<sub>2</sub>; Clement et al., 1984), que ocorre como corpos de forma cônica invertida, os *pipes*. Os *pipes* kimberlíticos possuem uma estrutura bem definida, que pode ser descrita em três fácies principais: fácies cratera, que são porções de níveis mais superficiais, onde se observam rochas piroclásticas, vulcano-clásticas e sedimentos de origem flúvio-lacustre; fácies diatrema e fácies hipoabissal (Fig. 14).

Segundo Woolley et al. (1996) kimberlitos são correntemente divididos nos Grupo I e Grupo II (conforme Smith et al., 1985; Skinner, 1989). Kimberlitos do Grupo I correspondem à rocha original (arquétipo) de Kimberley, África do Sul, que foi formalmente denominada de “kimberlito basáltico” por Wagner (1914). Os do Grupo II, por outro lado, correspondem aos kimberlitos lamprófiros ou micáceos de Wagner (1914). Critérios texturais e químicos foram utilizados para definir os kimberlitos do Grupo I: grupo de rochas ultrabásicas potássicas ricas em voláteis (dominantemente CO<sub>2</sub>) que comumente exibem uma textura inequigranular distintiva resultante da presença de macrocristais (0,5 a 10 mm Ø) e, em alguns casos, megacristais onde alguns são xenocristais. Inclui cristais anédricos de olivina, ilmenita magnésiana, piropo, diopsídio (algumas vezes sub-cálcico), flogopita, enstatita e cromita pobre em Ti. Macrocristais de olivina são característicos e constituintes dominantes nos kimberlitos.



**Figura 14:** Modelo esquemático de um kimberlito mostrando as relações entre as fácies cratera, diatrema e hipabissal (Mitchell, 1986; in Jaques, 1998).

A matriz dos kimberlitos contém uma segunda geração de olivina primária euédrica a subeuédrica que ocorre junto com um ou mais dos seguintes minerais primários: monticellita, flogopita, perovskita, espinélio (soluções sólidas de ulvoespinélio magnésiano – Mg-cromita – ulvoespinélio – magnetita), apatita, carbonato e serpentina. Macrocrístais que incluem olivina forsterita, Cr-piropo, almandina-piropo, Cr-diopsídio, ilmenita magnésiana e cristais de flogopita, são gerados pela desagregação de lherzolito manto-derivado, harzburgito, eclogito e xenólitos peridotíticos metassomatizados.

Os kimberlitos do Grupo II (orangeítos) são caracterizados como rochas ultrapotássicas, peralcalinas ricas em voláteis (dominantemente H<sub>2</sub>O) caracterizadas por macrocrístais de flogopita e microfenocrístais junto a uma massa de micas que variam em composição desde “tetraferroflogopita” a flogopita. Macrocrístais arredondados de olivina são comuns, mas não são invariavelmente constituintes principais.

A matriz característica inclui: diopsídio, comumente zonado com capa de aegirina titanífera, espinélios variando de composição desde cromita contendo manganês e magnetita contendo titânio; perovskita rica em estrôncio e ETRs, apatita rica em estrôncio, fosfatos ricos em ETRs (monazita, daqingshanita), titanatos ricos em bário e potássio pertencentes ao grupo hollandita, triskaidecatitanatos potássicos ( $K_2Ti_{13}O_{27}$ ), rutilo contendo nióbio e ilmenita contendo manganês.

### 3.1.2. Lamproíto

Também segundo Woolley et al. (1996), a melhor classificação de lamproíto, já antes descrita por Mitchell & Bergman (1991), envolve ambos os critérios mineralógicos e geoquímicos.

No critério mineralógico, os lamproítos que ocorrem em diques ou pequenas extrusões são classificados pela presença variada de minerais nas seguintes fases:

- Fenocristais de flogopita titanífera pobre em Al ( $TiO_2$  2-10 %;  $Al_2O_3$  5-12 %);
- “Tetraferroflogopita” poiquilítica titanífera na matriz ( $TiO_2$  5-10 %);
- Richterita potássica titanífera ( $TiO_2$  3-5 %;  $K_2O$  4-6 %);
- Olivina forsterítica;
- Diopsídio pobre em Na e Al ( $Al_2O_3 < 1$  %;  $Na_2O_3 < 1$  %);
- Leucita rica em Ferro não-estequiométrico ( $Fe_2O_3$  1-5 %);
- Sanidina rica em Ferro (tipicamente  $Fe_2O_3$  1-5 %).

A presença de todas as fases acima não é necessariamente obrigatória para classificar a rocha como um lamproíto. Qualquer mineral poderá ser dominante, junto a dois ou três minerais maiores presentes. Fases menores ou acessórias incluem priderita, wadeita, apatita, perovskita, magnesiocromita titanífera e magnetita titanífera magnésiana e, ainda menos comum, geppeita, armacolita, shcherbakovita, ilmenita e enstatita.

A presença dos seguintes minerais impede a classificação da rocha como lamproíto: plagioclásio primário, melilita, monticellita, kalsilita, nefelina, feldspato alcalino rico em Na, sodalita, noseana, hauyna, melanita, shorlomita ou kimzeyta.

Conforme o critério químico, os lamproítos possuem as seguintes características:

- Molar  $K_2O/Na_2O > 3$ , ou seja, são ultrapotássicos;

- Molar  $K_2O/Al_2O_3 > 0,8$ , frequentemente  $>1$ ;
- Molar  $(K_2O + Na_2O)/Al_2O_3$  tipicamente  $>1$ , peralcalinos;
- FeO e CaO são ambos  $< 10 \%$ ,  $TiO_2$  1-7 %, Ba  $> 2000$  ppm (comumente  $> 5000$  ppm), Sr  $> 1000$  ppm, Zr  $> 500$  ppm e La  $> 200$  ppm.

Quanto a sua nomenclatura, foi proposta a uma subdivisão dos lamproítos (Mitchell & Bergmann, 1991; in Woolley et al., 1996) onde a terminologia histórica está descartada em favor de nomes compostos baseados na predominância de flogopita, richterita, olivina, diopsídio, sanidina e leucita (Tabela 2).

**Tabela 2:** Nomenclatura de lamproítos (Mitchell & Bergman, 1991; in Woolley et al., 1996) (\*madupítico= contém flogopita poiquilítica).

Nome histórico	Nova nomenclatura
Wyomingito	Diopsídio-leucita flogopita lamproíto
Orendito	Diopsídio-sanidina-flogopita lamproíto
Madupito	Diopsídio madupítico* lamproíto
Cedricito	Diopsídio-leucita lamproíto
Mamilito	Leucita-richterita lamproíto
Wolgidito	Diopsídio-leucita-richterita-madupítico* lamproíto
Fitzroyto	Leucita-flogopita lamproíto
Verito	Hyaló-Olivina-diopsídio-flogopita lamproíto
Jumillito	Olivina-diopsídio-richterita madupítico* lamproíto
Fortunito	Hyaló-enstatita-flogopita lamproíto
Canalito	Enstatita-sanidina-flogopita lamproíto

O termo picrito é também utilizado para descrever rochas melanocráticas ricas em olivina com associação toleítica. Tais rochas são compostas principalmente de olivina magnesiânica e clinopiroxênio. A maioria das rochas picríticas contém mais olivina (40 a 65%) que o basalto normal.

### 3.1.3. Rochas Relacionadas

#### *Kamafugitos*

Kamafugito é um termo coletivo que engloba uma série de rochas vulcânicas máficas a ultramáficas, subsaturadas em sílica, cujas fases félsicas são compostas por feldspatóides (kalsilita e/ou leucita) (Sgarbi et al., 2001). O termo kamafugito é um acrônimo das principais rochas que compõem a série: katungito, mafurito e ugandito.

Os katungitos são rochas cinza claras a preto-esverdeadas, afaníticas a fanerítica finas, porfiríticas ou não. São dois os tipos litológicos principais: mafuritos e uganditos. Mafuritos são rochas porfiríticas, de matriz fina a muito fina, com fenocristais (0,2 a 2,5mm; exceto plaquetas de flogopita > 3 cm) de olivina, clinopiroxênio, Ti-magnetita, perovskita, melilita (pseudomorfos), apatita e raramente flogopita. A matriz é microcristalina e compõem-se de piroxênio, Ti-magnetita e perovskita, podendo conter, ainda, flogopita, apatita e material intersticial alterado.

Os uganditos são rochas inequigranulares, finas a médias (0,1 a 2,5 mm), que apresentam uma mineralogia similar à dos mafuritos, porém com abundância de leucita e quase ausência de olivina.

### *Lamprófiros*

Os lamprófiros são grupos diversificados de rochas, com características químicas que não se distinguem facilmente de outras rochas ígneas normais. Ocorrem geralmente em pequenos volumes, sob a forma de diques, lapólitos, lacólitos, filões ou pequenas intrusões. São rochas ígneas mesocráticas a melanocráticas, usualmente hipoabissais, com textura panidiomórfica abundante em megacristais de mica escura ou anfibólio, com ou sem piroxênio, com ou sem olivina, em matriz dos mesmos minerais e com feldspato (usualmente álcali-feldspato) restrito na massa (Woolley et al., 1996).

## **3.2. MINERAIS INDICADORES**

### *Ilmenita*

A Ilmenita também vem sendo estudada pela importância na pesquisa do diamante (Haggerty, 1987, 1991; Haggerty & Tompkins, 1984; Tompkins & Haggerty, 1985; in Wyatt et al., 2004).

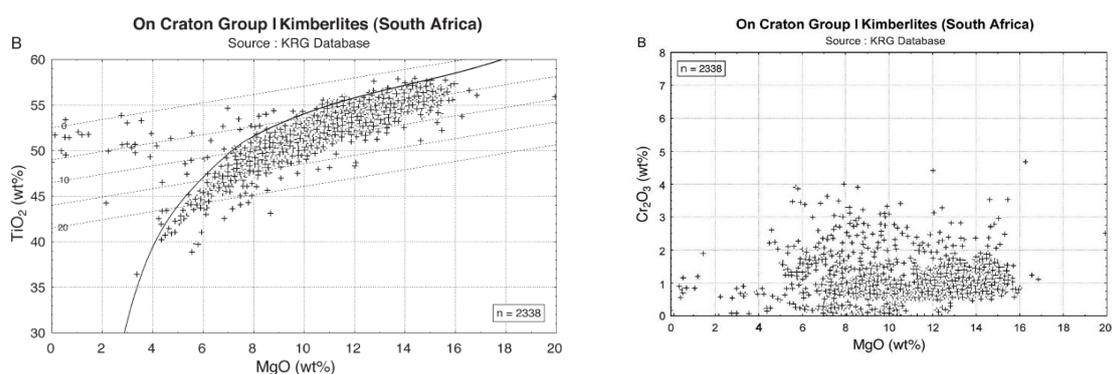
O estudo realizado por Wyatt et al. (2004) aborda este mineral em origens diferentes, incluindo ilmenitas em kimberlitos de desagregação de peridotito e xenólitos eclogíticos, e inclusive como mineral incluso em diamantes. Além disso pode estar presente em não kimberlitos como: gabros, noritos, granitos, anortositos e rochas metamórficas.

A importância da ilmenita como mineral indicador, devido a sua dispersão e composição, tem obtido resultados significativos. O diagrama MgO-TiO<sub>2</sub> (Sobolev, 1977; in:

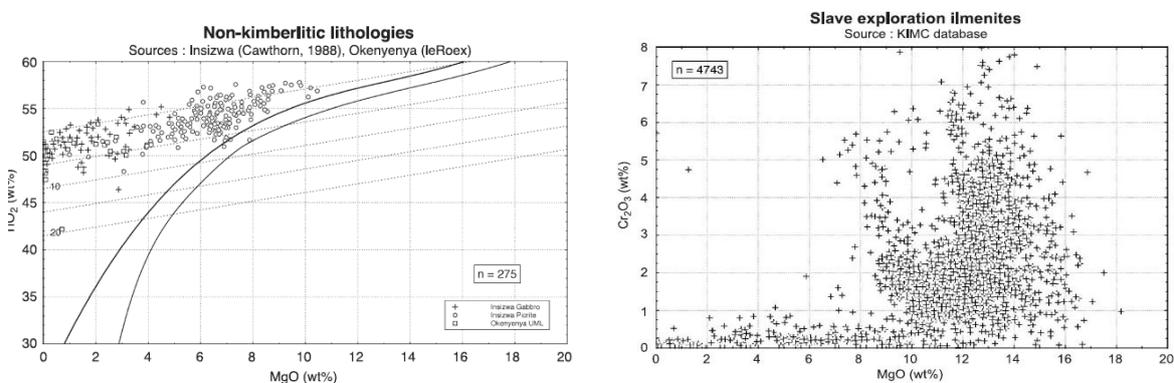
Wyatt et al., 2004) foi usado para discriminar ilmenitas de composição kimberlítica (Fig. 15) de ilmenitas de composição não kimberlíticas (Fig. 16).

Wyatt et al. (2004) comparam através de diagramas as ilmenitas kimberlíticas de origem cratônica e não cratônica, ilmenitas de várias localidades, e também ilmenitas de origem não kimberlíticas. Seguindo o diagrama o arco de composição kimberlítica abaixo de 8 % MgO é definida pela seguinte equação quadrática:  $y = -51.9078 + 52.8316x - 11.5519x^2 + 1.2003x^3 - 0.0475x^4$  enquanto que acima de 8 % de MgO o arco é definido pela equação:  $y = 28.5188 + 4.7521x - 0.287x^2 + 0.0067x^3$ .

Wyatt et al. (2004) concluem que a maioria das ilmenitas não kimberlíticas serão plotadas a esquerda da linha do arco, enquanto que as Ilmenitas kimberlíticas serão plotados do lado direito. A composição das ilmenitas não kimberlíticas usualmente tem menos que 1 % de  $Cr_2O_3$  e com poucas exceções menos que 0,5 % de  $Cr_2O_3$ . O máximo de MgO contido em Ilmenitas não kimberlíticas é dado pela equação:  $y = 25.4062 + 6.1433x - 0.41187x^2 + 0.0106x^3$  (Fig.16).



**Figura 15:** Exemplo de Ilmenitas kimberlíticas plotadas no gráfico  $TiO_2 \times MgO$  e  $Cr_2O_3 \times MgO$  (Wyatt et al., 2004) .



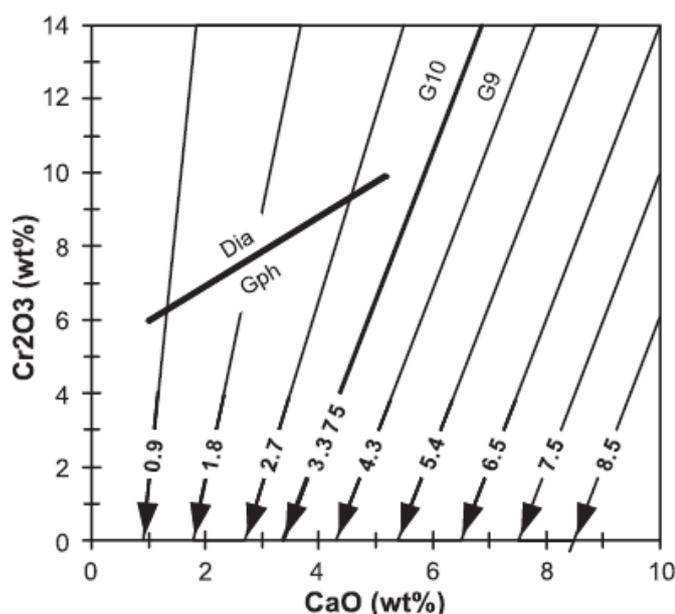
**Figura 16:** Exemplo de Ilmenitas não kimberlíticas plotadas no gráfico  $TiO_2 \times MgO$  e  $Cr_2O_3 \times MgO$ , comparadas com ilmenitas kimberlíticas (Wyatt et al., 2004).

As ilmenitas kimberlíticas são ricas em MgO e Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, possuem coloração escura e visualmente são muito difíceis de serem separadas das ilmenitas não kimberlíticas.

### Granada

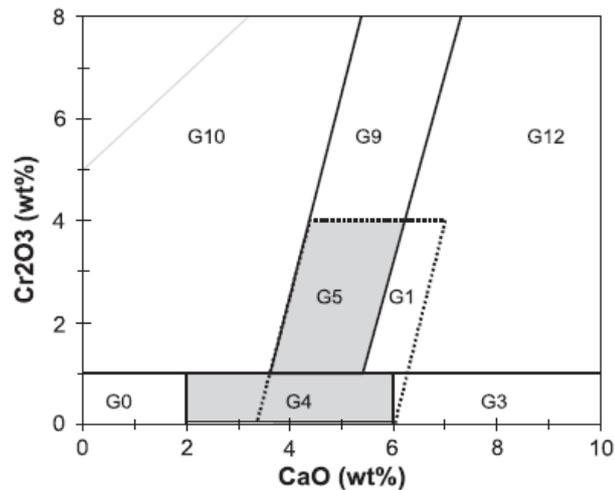
A granada e a cromita são os minerais pesados mais comumente utilizados na aplicação em pesquisa do diamante, por serem muito comuns como inclusões nesse mineral, usualmente por possuírem alto fator de dispersão aluvionar, e por sua alteração na superfície ser menor que a da olivina ou dos piroxênios. Granadas derivadas do manto são comuns em peridotitos e eclogitos; elas ocorrem junto ao diamante em ambientes similares, tanto químico, como físico e litológico. As granadas mostram variações características de composição em cromo, cálcio, magnésio, ferro e titânio.

Gurney (1984; in Grütter et al., 2004) divide os campos G9/G10 para mostrar neste contexto a linha de estabilidade diamante-grafita (Fig. 17).



**Figura 17:** Diagrama Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> x CaO das granadas, comumente conhecida por campos mineraloquímicos G9/G10 (Gurney, 1984; in Grütter, 2004).

Grütter et al. (2004) utilizando dados de 600 inclusões de granada em diamantes e 4.500 granadas em xenólitos e micro-xenólitos, criou um método simples para a classificação das granadas do manto, e assim ser utilizado na exploração de pesquisa do diamante, utilizando um gráfico Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) x CaO (%) (Fig. 18). Os termos criados para a composição das granadas foram definidos como: G9 (lherzolíticos), G10 (harzburgíticos) e G12 (wehrlíticos), separados por um esquema de valores de interseção com linha do percentual do cálcio.



**Figura 18:** Esquema de classificação das granadas por um diagrama  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \times \text{CaO}$  (Grütter et al., 2004).

Assim para classificação das granadas, pode-se ter:

- **Harzburgíticas (G10):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $\geq 1,0$  a  $22,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $0$  a  $3,375$  e  $\text{MGNUM}$ :  $\geq 0,75$  a  $< 0,95$ , onde  $\text{MGNUM} = (\text{MgO}/40,3)/(\text{MgO}/40,3 + \text{FeOt}/71,85)$ ;
- **Lherzolíticas (G9):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $\geq 1,0$  a  $20,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $3,375$  a  $< 5,4$  e  $\text{MGNUM}$ :  $\geq 0,70$  a  $< 0,90$ ;
- **Wehrlíticas (G12):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $\geq 1,0$  a  $< 20,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $> 5,4$ ;  $\text{CaO}$  (%):  $< 28,0$  e  $\text{MgO}$  (%):  $> 5,0$ ;
- **Mega-cristal baixo Cr (G1):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $0$  a  $4,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $\geq 3,375$  a  $< 6,0$ ;  $\text{MGNUM}$ :  $\geq 0,65$  a  $< 0,85$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $\geq 2,13 - 2,1 \cdot \text{MGNUM}$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 4,0$ ;
- **Peridotíticas alto  $\text{TiO}_2$  (G11):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $\geq 1,0$  a  $< 20,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $\geq 3,0$ ;  $\text{CaO}$  (%):  $< 28,0$ ;  $\text{MGNUM}$ :  $\geq 0,65$  a  $< 0,90$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $\geq 2,13 - 2,1 \cdot \text{MGNUM}$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 4,0$ ;
- **Piroxeníticas, websteríticas e eclogíticas (G4 e G5):**  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 2,13 - 2,1 \cdot \text{MGNUM}$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $\geq 1,0$  a  $< 4,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $3,375$  a  $< 5,4$ .  $\text{MAGNUM}$ :  $\geq 0,3$  a  $< 0,7$ ;
- **G4:**  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 2,13 - 2,1 \cdot \text{MGNUM}$ ;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $< 1,0$ ;  $\text{Ca}_{\text{int}}$ :  $\geq 2,0$  a  $< 6,0$ ;  $\text{MAGNUM}$ :  $\geq 0,3$  a  $< 0,9$ ;
- **Eclogíticas (G3):**  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%):  $0$  a  $< 1,0$ ;  $\text{CaO}$  (%):  $\geq 6$  a  $< 32,0$ ;  $\text{MGNUM}$ :  $\geq 6$  a  $< 0,86$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 2,13 - 2,1 \cdot \text{MGNUM}$ ;  $\text{TiO}_2$  (%):  $< 2,0$ .

As granadas piropo possuem cor variável, ocorrendo desde laranja claro até um lilás-púrpura, sendo esta última facilmente distinta nos concentrados diamantíferos. Textura kelifítica e superfícies corroídas podem ocorrer nos grãos próximos à fonte magmática “primária”.

### *Cromita*

A cromita é outro mineral indicador importante na pesquisa para o diamante, especialmente em ambientes de intemperismo profundo, isto devido ao fato que neste

ambiente os outros minerais como granada e ilmenita são destruídos. Como os outros minerais indicadores, a cromita também pode ocorrer em uma grande variedade de rochas, tais como: komatiitos, *greenstones* máficos e lamprófiros máficos a ultramáficos. A cromita, no entanto, quando associada à química dos minerais básicos e elementos traços como: níquel, zircônio e gálio, permite uma definição de populações típicas para kimberlitos e lamproítos (Griffin et al., 1997).

A cromita é um mineral resistido que pode sobreviver por grandes distâncias durante o transportesedimentar. Possui forma octaédrica, apresentando-se sub-arredondada em concentrados aluvionares. A cor é preta a marrom-escuro, encontra-se, por vezes, obliterada por uma capa de reabsorção magmática, caracterizada por uma superfície fosca.

### 3.3. MINERALOGIA DO DIAMANTE

O nome diamante deriva do grego antigo, *αδάμας (adámas)* que significa “inquebrável, inalterável”. Ele é conhecido na Índia a pelo menos 3000 anos, e possivelmente a 6000 anos.

Segundo Haggerty (2010) o carbono está distribuído na terra com as seguintes proporções: crosta ≈200 ppm, manto superior ≈100 ppm, manto inferior ≈2000 ppm e núcleo ≈3000 ppm. Este elemento é o quarto mais abundante da terra e pode ser encontrado de várias formas, como amorfo, diamante (cúbico), grafita (hexagonal), lonsdaleíta (hexagonal), diamantóides, grafeno, carbetos (SiC, FeNiMg), carbonatos (CaCO<sub>3</sub>) e gases/fluidos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, COS, CHN).

Os diamantes possuem as seguintes características principais:

- Podem ocorrer em qualquer cor, sendo mais comumente encontrados com uma leve tonalidade ou de amarelo ou de marrom.

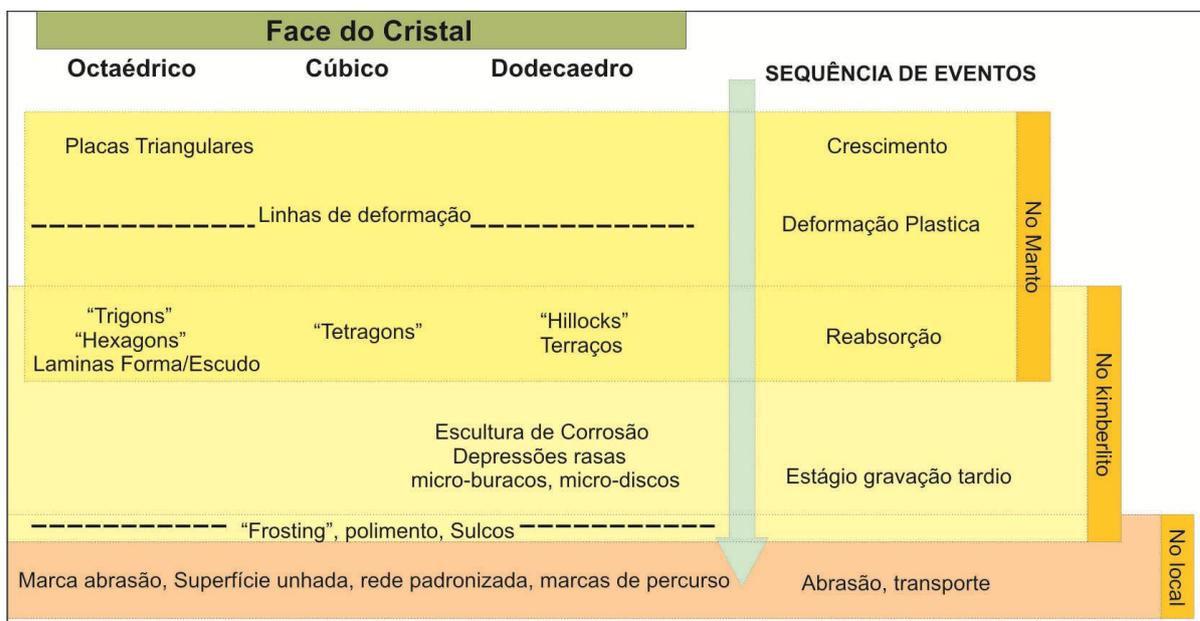
- A dureza é considerada a maior para os minerais naturais conhecidos, sendo definida pela classificação de Mohs = 10.

- O brilho é adamantino; densidade de aproximadamente 3,52 (±0,01); índice de refração 2,417; clivagem perfeita em quatro direções; dispersão 0,044; não apresenta nem pleocroísmo nem birrefringência.

- Cristaliza-se no sistema cúbico (classe m3m), e suas formas mais comuns de crescimento são o cubo {100}, o octaedro {111}, o romboedro {110}. Podem ainda apresentar outras disformes (os *chips* e os *flats*), devido a desproporções ocorridas durante

seu crescimento dados por velocidades diferentes de desenvolvimento segundo eixos cristalográficos específicos ou mesmo pela dissolução e recrescimento.

- Sua textura superficial, nas diferentes formas cristalográficas, está intimamente relacionada com os eventos sofridos durante sua formação: crescimento, dissolução/reabsorção, recrescimento, e processos na trajetória para superfície e pelo transporte superficial no meio aluvionar (Fig. 19).



**Figura 19:** Figuras superficiais comuns em diamante e suas sequências de formação (modificada de Tappert & Tappert, 2011).

### 3.3.1. Classificação Física

Os diamantes são classificados em dois tipos, conforme a presença ou ausência de nitrogênio (baseado em análises de espectroscopia, UV e IR). O tipo I, com nitrogênio presente em uma ordem de 10 a 3000 ppm (Evan & Harris, 1989; in Pattison & Levinson, 1995) e no tipo II, com ausência de nitrogênio na estrutura (Fig. 20).

Os diamantes do tipo I representam cerca de 98% dos diamantes naturais e são divididos em:

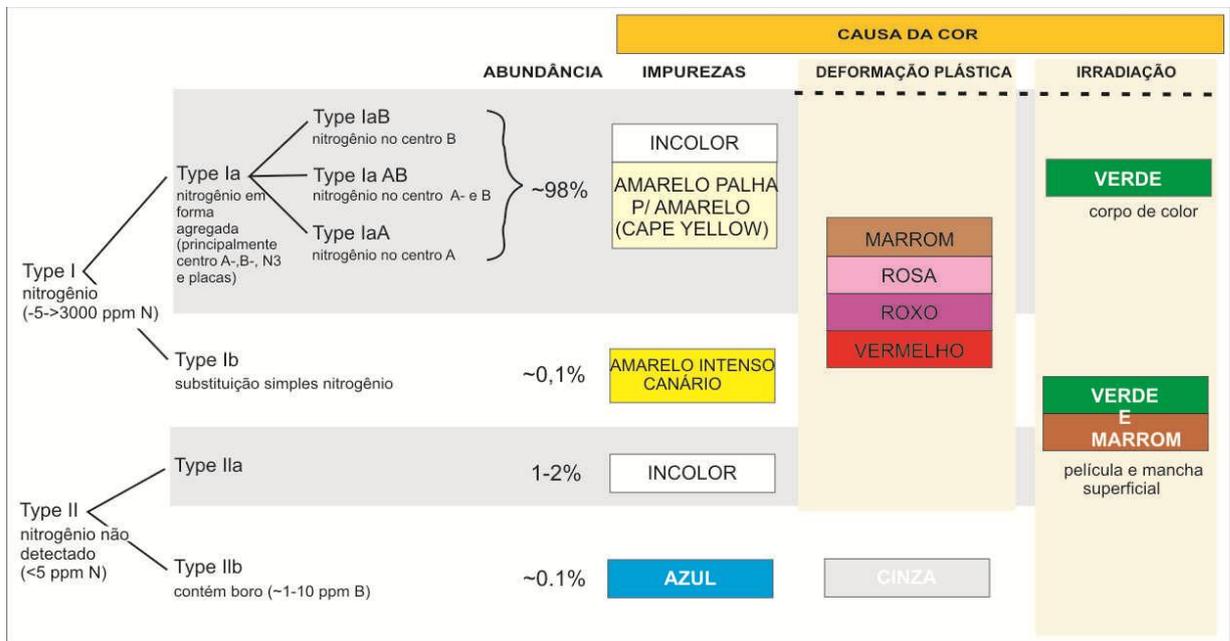
- Tipo Ia – agregados de nitrogênio
  - Tipo IaA – dois átomos nos lados adjacentes;
  - Tipo IaB – quatro átomos de nitrogênio, mais um vago.
- Tipo Ib – Um átomo simples de nitrogênio substituindo o carbono.

Os diamantes do tipo II são bastante raros na natureza e podem também ser subdivididos em:

- Tipo IIa – Não há substituição dos átomos por nenhum elemento; os maiores diamantes normalmente são deste tipo;
- Tipo IIb – O boro está presente substituindo um átomo de carbono, tais diamantes são extremamente raros.

Evans & Qi (1982) concluíram que diamantes do tipo Ib permanecem consideravelmente menos tempo no manto superior do que os diamantes do tipo Ia, em uma faixa entre de 2 a 100.000 anos a temperaturas de 1000 a 1400°C. Isto sugere que o crescimento destes diamantes poderia estar associado a eventos geológicos que resultam nos processos de erupção dos kimberlitos.

Evans & Harris (1989) sugerem a conversão do tipo IaA para tipo IaB, onde os agregados de nitrogênio a temperaturas de 1200 a 1300°C poderiam ocorrer geologicamente em tempos rápidos (dezenas de milhões de anos); de outro modo a ocorrência de diamantes do tipo IaA ou tipo Ib pode indicar sua formação a temperaturas mais baixas (800°C) (Pattison & Levinson, 1995).



**Figura 20:** Classificação dos tipos de diamantes com base nos parâmetros de pureza e cor (modificada de Tappert & Tappert, 2011).

### 3.3.2. Classificação Gemológica

As características aqui apresentadas seguem a metodologia utilizada pelo GIA (Gemological Institute of America) quanto aos quatro C's (*Carat weight, Color, Clarity e Cut*) que significam: peso, cor, pureza e lapidação respectivamente.

### Peso

O peso é apresentado em quilate (ct) métrico que representa 0,2 gramas, sendo esta a unidade padrão para peso do diamante e também para a maioria das outras gemas lapidadas.

### Cor

A graduação da cor se dá pela comparação do corpo da pedra com outra completamente incolor em uma luz pré-definida (5.500° Kelvin) (Fig.20, Fig. 21).

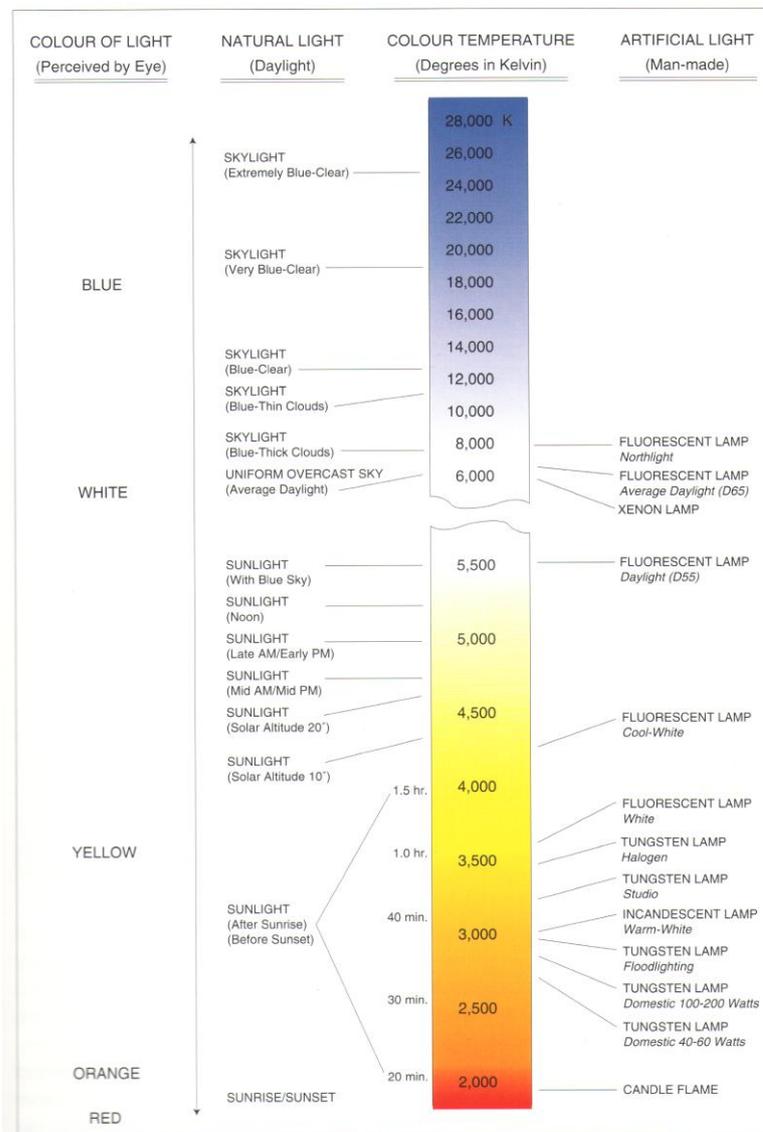
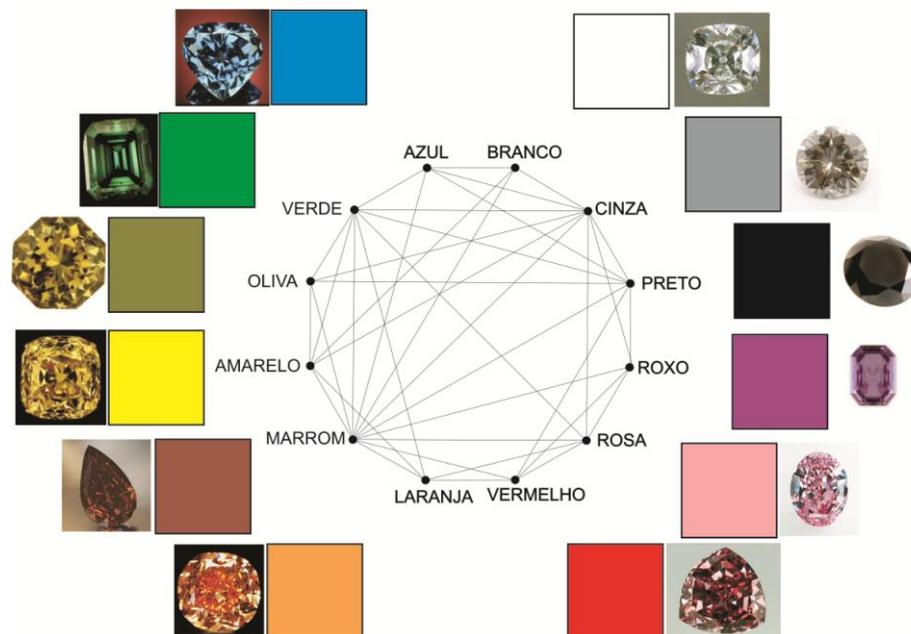


Figura 21: Tabela da correlação da cor com a temperatura da luz.

A cor no cristal pode acontecer por razões diferentes, como impureza, deformação ou irradiação (Fig. 18). A maioria dos diamantes possui traços amarelo ou marrom, mas podem ocorrer em cores vistosas, variadas. Estes diamantes, chamados *fancies*, são muito valorizados no mercado e seus preços dependem da raridade e da beleza. Eles são encontrados nas cores: azul, rosa, roxo, amarelo, vermelho, e misturas entre essas.

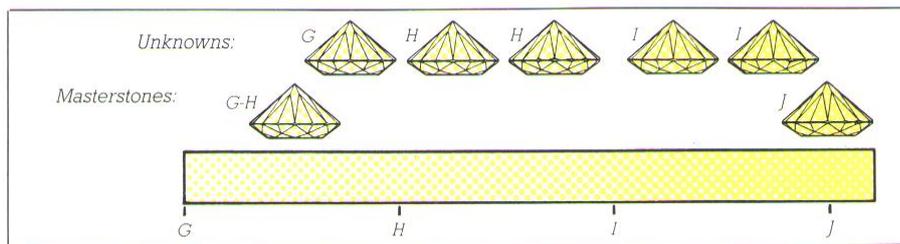
A cor observada no cristal é normalmente o resultado da interação de várias cores que se combinam. Assim, certas cores somente poderão ser visualizadas com suas respectivas correspondentes (Fig. 22).

## CORES DE DIAMANTES



**Figura 22:** Combinações de cores em diamantes (modificada de Hofer, 1998).

A graduação dos diamantes de cores não fantasia (chamados de branco) é feita por comparação com padrões de cor (*Master Stone*) (Fig.23), que são amostras pré-definidas de cores pelo laboratório do GIA. Para a definição das tonalidades da cor branca segue-se um modelo, apresentado na Fig. 24.



**Figura 23:** Comparação de cores com o *Master Stone* (GIA, 1995).

GIA		TERMOS COMERCIAIS		
Incolor para ↓ ↑ Fancy Yellow	D	INCOLOR	Finest White	Jager
	E		Fine White	River
	F			Top Wesselton
	G	PRÓXIMO INCOLOR	White	Wesselton
	H		Commercial White	Top Crystal
	I		Top Silver Cape	Crystal
	J		Silver Cape	Top Cape
	K		Light Cape	Cape
	L	AMARELO TRAÇO	Cape	Low Cape
	M			Very Light Yellow
	N		AMARELO MUITO CLARO	
	O			
	P			
	Q			
	R			
	S			
	T	AMARELO CLARO	FANCY	
	U			
	V			
	W			
	X			
	Y	FANCY		
	Z			
	Z+	FANCY		

**Figura 24:** Escala de cores conforme a graduação do GIA (modificada de Gemological Institute of America, 1995).

**Pureza**

A pureza refere-se se a uma posição relativa entre cristais totalmente puros, ou *flawless*, até bastante impuros, ou *included*, quando examinados por perito com uma

magnificação 10 X. As características são classificadas como inclusões (internas), ou manchas (externas). O tamanho, número, posição, estrias e cor ou relevo são características determinantes para graduação da pureza. Muito poucos diamantes são *flawless*, isto é, não mostram inclusões ou manchas. Seguem as definições relativas à pureza:

- *Flawless* (FI) – Esta categoria não mostra inclusões ou manchas externas, porém algumas características não desclassificam esta condição, como faceta extra no pavilhão sem ser vista quando olhado por cima; estrias totalmente confinadas no *rondiz* sem distorcer ou engrossar o mesmo; e indicações de crescimento do cristal sem refletir, branco ou colorido e sem afetar significativamente a transparência.
- *Internally flawless* (IF) – Não mostra inclusões e somente manchas insignificantes com magnificação 10 X; normalmente estas manchas podem ser removidas por um repolimento.
- *Very very slightly included* (VVS<sub>1</sub> e VVS<sub>2</sub>) – Inclusões diminutas encontradas com dificuldade por um perito na magnificação 10X. VVS<sub>1</sub> são extremamente difíceis de serem vistas; visíveis somente pelo pavilhão ou podendo ser removidas por repolimento. VVS<sub>2</sub>, são muito difíceis de serem vistas.
- *Very slightly included* (VS<sub>1</sub> e VS<sub>2</sub>) – VS contem inclusões menores. VS<sub>1</sub> com dificuldade, e VS<sub>2</sub> com facilidade para um perito com magnificação 10 X; são típicos pequenos cristais, ou pequenas plumas e nuvens.
- *Slightly included* (SI<sub>1</sub> e SI<sub>2</sub>) – Inclusões perceptíveis. SI<sub>1</sub> fáceis de serem vistas. SI<sub>2</sub> muito fáceis de serem vistas em magnificação 10 X; em alguns casos pode ser visto a olho nu.
- *Included* (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub>) – Inclusões óbvias para uma pessoa treinada, sob magnificação 10 X. Podem ser observadas a olho nu, e elas afetam o potencial de durabilidade da pedra, ou afetam sua transparência e/ou brilho. I<sub>1</sub>, beleza e/ou durabilidade às vezes são afetadas; I<sub>2</sub>, beleza e/ou durabilidade são seriamente afetadas; I<sub>3</sub>, a beleza e a durabilidade são seriamente afetadas.

### *Lapidação*

A lapidação de diamantes existe desde o século XV, mas foi Marcel Tolkowsky, em 1919, que definiu a forma atual da lapidação brilhante. Segundo Tolkowsky, os ângulos da coroa deveriam estar entre 33° a 36°, o ângulo do pavilhão entre 40° a 41,5°, com altura

total de 56-60,5% (coroa 14-16,5% e pavilhão 42-44%) e mesa 53-57% em relação ao diâmetro. A lapidação, porém, pode ser de diferentes formas e desenhos conforme o próprio formato da pedra bruta, valor comercial ou a necessidade específica do cliente. As formas mais comuns são: redonda, marquise ou navete, oval, gota ou pêra, quadrada ou esmeralda, retângulo ou baguete, e coração.

As lapidações modernas, no entanto, trabalham com projeções mais precisas em relação ao “fogo”, ou brilho do diamante. No estudo feito por Reinitz et al. (2001), com um modelo tridimensional matemático feito por computador, onde o “fogo” e a dispersão espectral das cores resultam em ângulos e tamanhos precisos que podem ser seguidos sem a perda qualidade da lapidação.

### *Fluorescência*

A fluorescência é um tipo de muminescência do mineral, quando excitado por raios ultra-violetas. No estudo, ela foi identificada pela importância quanto à classificação gemológica e mercadológica. Assim, estabeleceram-se os seguintes critérios: cor da fluorescência e intensidade. Para a intensidade, também foram considerados os padrões relativos do GIA: *none, faint, medium, strong e very strong*.

### **3.3.3. Texturas Internas no Diamante**

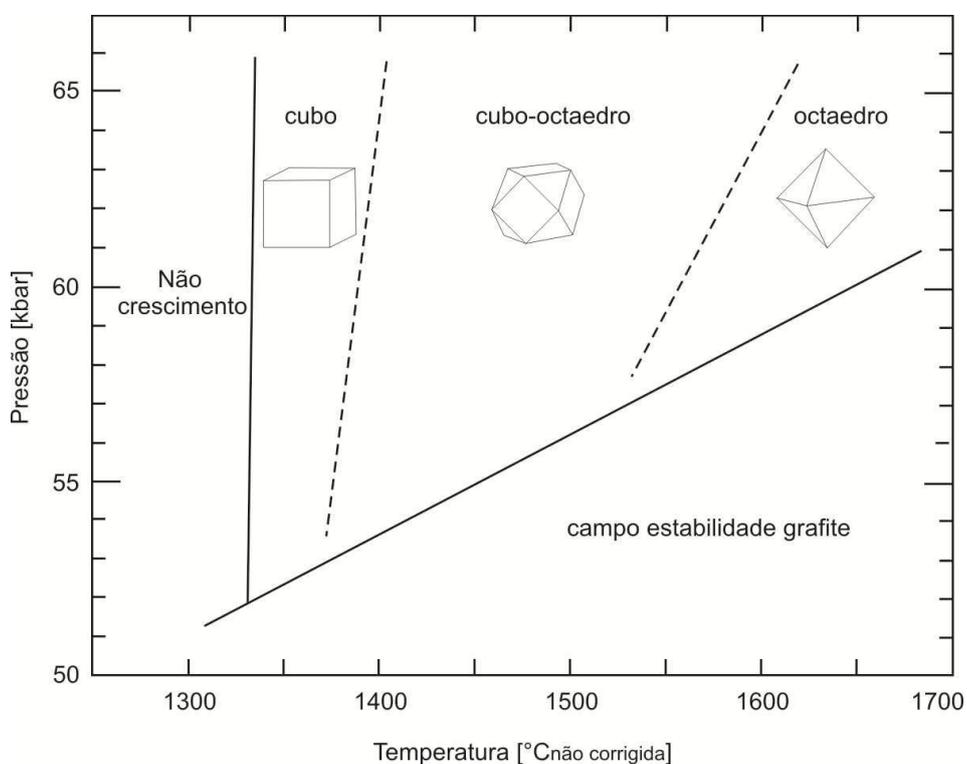
Diamantes não mostram zonas de crescimento na luz visível, mas somente na luz polarizada. O melhor método para sua observação é através da técnica de catodoluminescência. Esta técnica é mais bem observada em superfície polida orientada na face {110} (Bulanova, 1995).

O estudo das inclusões por este método evidenciou que diamantes sofrem, ainda dentro do manto, crescimento, dissolução e recrescimento. Os tipos de texturas presentes evidenciam a história de formação dos diamantes e fornecem evidências da composição do magma de origem em diferentes estágios de sua trajetória (Zhang & Fedortchouk, 2012; Shirey et al., 2013; Palot et al., 2013).

### 3.3.4. Morfologia

O estudo morfológico do diamante vem sendo efetuado desde inícios do século passado e embora o diamante se cristalice em formas tais como cubo, octaedro e rombododecaedro. A feição mais comum dos cristais do diamante é a forma arredondada, podendo ser como dodecaedróides, tetraedros ou tetraedróides, sendo a opinião mais comum é de que a morfologia seja o resultado da dissolução interna nos magmas kimberlíticos ou lamproíticos (Fig. 25, Fig. 26 e Fig. 27).

A forma de crescimento do cristal está associada às condições de pressão e temperatura no campo de estabilidade do diamante (Fig. 25).

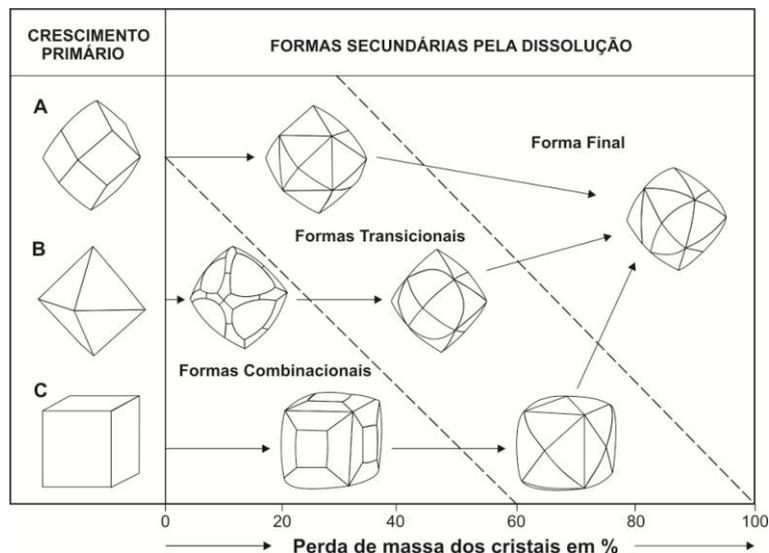


**Figura 25:** Diagrama de pressão x temperatura, com as formas diferentes de crescimento para diamantes sintéticos (modificada de Yamaoka et al., 1977; in Tappert & Tappert, 2011).

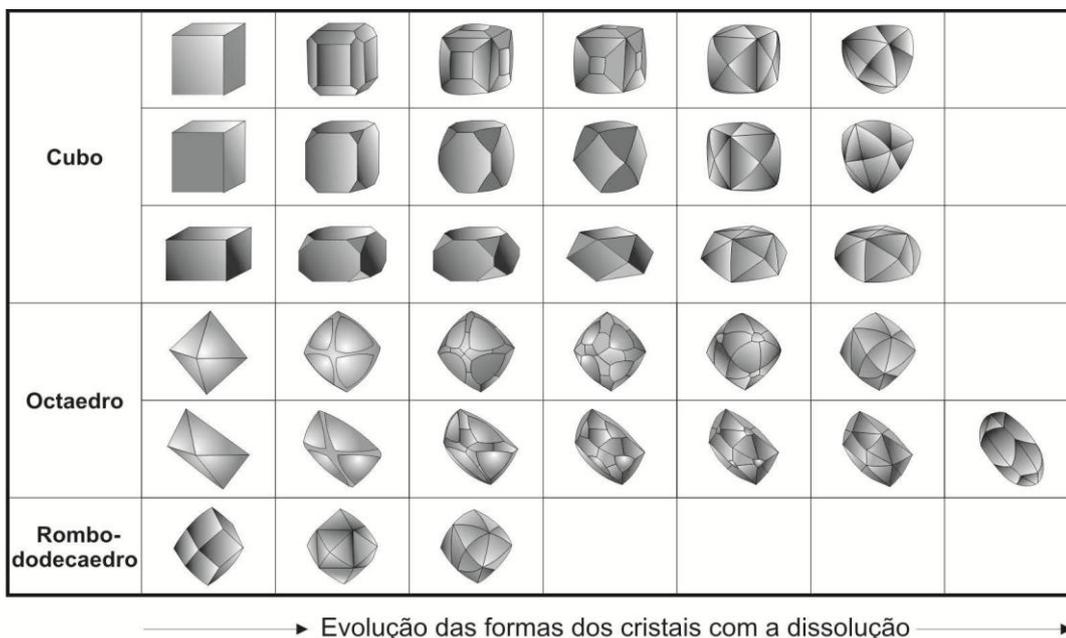
Vários autores têm conseguido simular os processos de crescimento ou dissolução do diamante em laboratório, desenvolvidos sobre condições específicas de pressão, temperatura e elementos químicos atuantes (Kosai & Arima, 2005; Arima & Kosai, 2008; Khokhryokav & Pal'yanov, 2007; Khokhryokav & Pal'yanov, 2010; Sokol et al., 2013).

Khokhryokav & Pal'yanov (2007) observaram este processo em laboratório utilizando cristais de diamantes naturais nas formas octaedro, pseudo-dodecaedro e cubo em um

sistema contendo água, carbonato e silicato, sob condições de pressão e temperatura próximas às do manto ( $P = 5,76 \text{ GPa}$  e  $T=1400^\circ \text{ C}$ ). A evolução do esquema de dissolução pode ser observada na Fig. 26.



**Figura 26:** Evolução da modificação das principais formas cristalógraficas com o processo de dissolução (modificada de Khokhryokav & Pal'yanov, 2007).



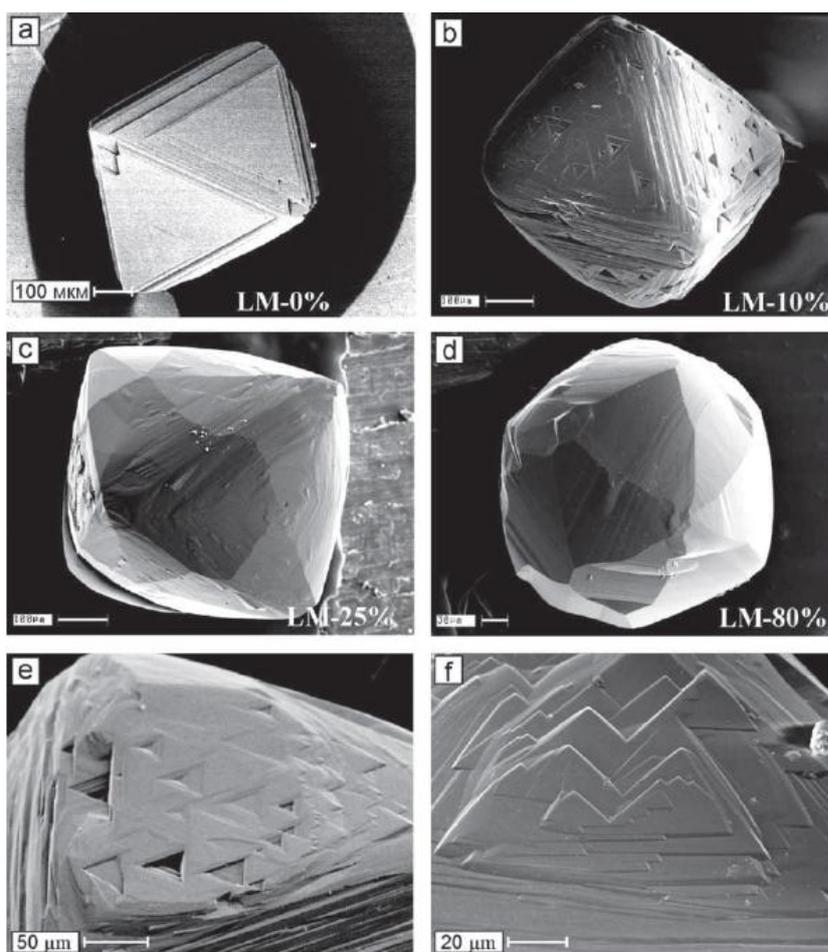
**Figura 27:** Evolução detalhada das formas cristalógraficas com a dissolução, aqui proposta.

### 3.3.5. Figuras de Dissolução

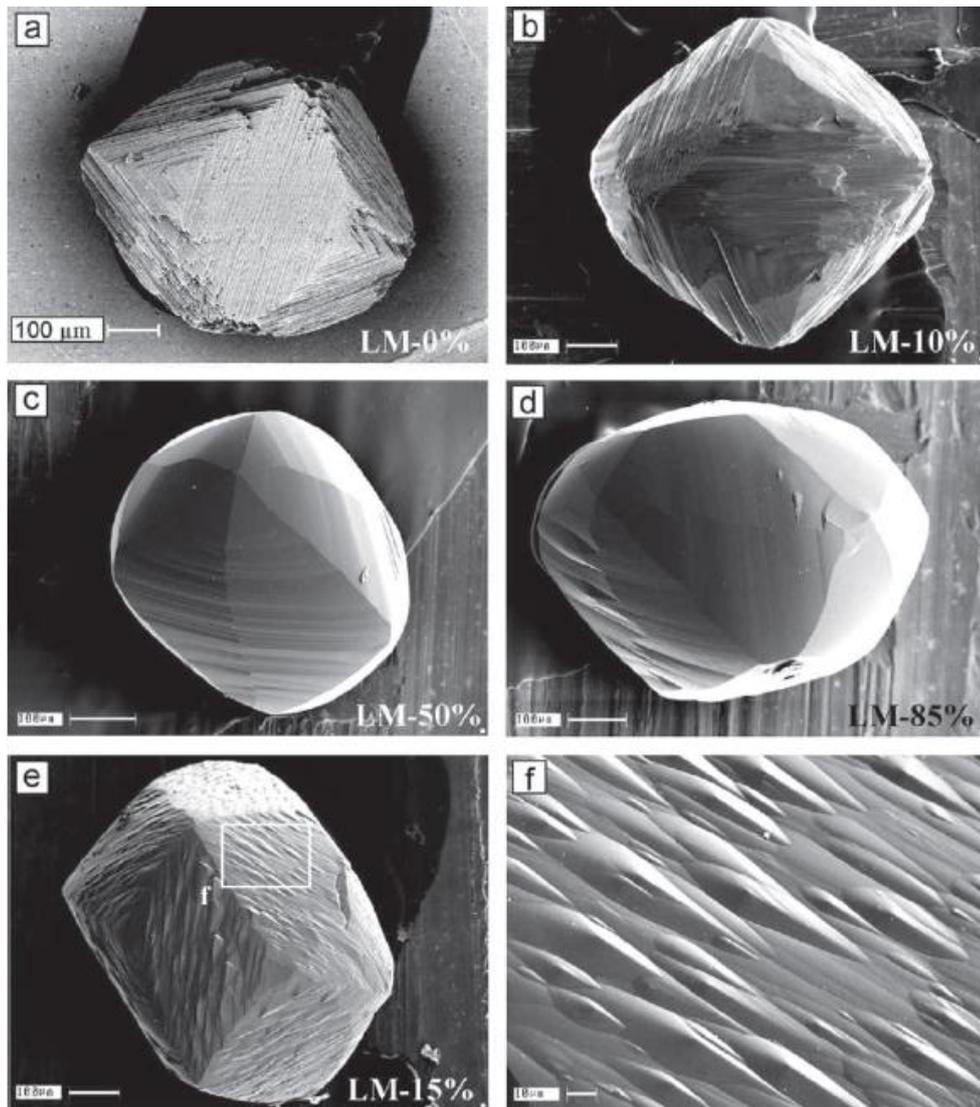
As figuras de dissolução estão intimamente relacionadas com as formas de cristalização e os tipos de dissolução possíveis (Fig. 18). Khokhryokav & Pal'yanov (2007),

mostraram que os resultados no processo inicial de dissolução em octaedros são marcados pelo desenvolvimento de planos ditrigonal e forma de escudos e trígonos negativos (Fig. 28) sobre a face {111}. Nas laterais, “escadas” estreitas são formadas pelas faces {443}, {553}, {221} e {883}. A beirada do cristal é truncada por superfícies arredondadas de tetraedróides com *hillocks* (pequena saliência na superfície do cristal que se parece com uma montanha) e laminação serrilhada. Com 20 a 25% de dissolução do cristal, sua superfície fica completamente arredondada. Com mais de 25% dissolvido, denotam-se formas tetraedróides, sendo que a maior parte com superfícies já polidas nos planos.

Já no processo de dissolução da forma do pseudo-dodecaedro (Fig. 29), com apenas 10 a 15% de dissolução o cristal transforma-se em tetraedróides, exibindo escadas, e alguns cristais mostram numerosos *hillocks*. Com 45 a 50% obtem-se profunda dissolução dos octaedros. Neste caso, a superfície já fica faceada ou com finas camadas, sendo comum a presença de *hillocks* nas bordas.



**Figura 28:** Imagens dos cristais de diamantes dissolvidos em um sistema contendo água. (a) octaedro inicial; (b-d) cristais de diamantes dissolvidos em diferentes graus; (e) trígonos negativos (f) dissolução em camadas desenvolvidas na face {111} (segundo Khokhryokav & Pal'yanov, 2007).



**Figura 29:** Imagens dos cristais de diamantes em um sistema contendo água. (a) dodecaedro inicial; (b-d) cristais de diamantes dissolvidos em diferentes graus; (e) dissolução com *hillocks* em superfície arredondada; (f) fragmento da superfície arredondada (Khokhryokav & Pal'yanov, 2007).

A dissolução dos cristais da forma cúbica resulta principalmente em pequenos buracos encaixados, de forma retangular e, quando o processo torna-se intenso resultam profundos canais. A formação de tetraexaedróides arredondados foi observada somente em três cristais. A superfície arredondada é normalmente fosca e fracamente ondulada.

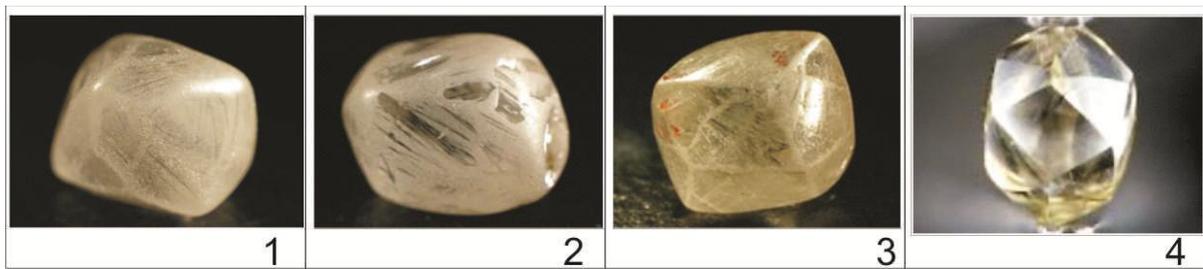
Tappert & Tappert (2011) descreveram cada uma destas feições em diamantes, mostrando uma sequência de eventos a partir de três formas: octaedro, dodecaedro e cubo (Fig. 19).

**Tabela 3:** Principais tipos de figuras de dissolução presentes nas superfícies dos diamantes.

<b>OCTAEDRO</b>	Definição
Placas triangulares	São camadas de crescimentos de espessura variável desenvolvida na superfície do cristal
<i>Shield-shaped laminae</i>	São pequenas lâminas em forma de escudo. Elas são o resultado de reabsorção de camadas residuais de crescimento
Trígonos	Trígonos podem variar de forma e tamanho. Os tipos mais comuns são em terraços, piramidais ou em placas rebaixadas. Os trígonos negativos são orientados na direção oposta da face do cristal. Eles são considerados como resultado do jato de fluidos em altas temperaturas (~1000°C). Trígonos com orientação positiva são extremamente raros.
<i>Six-sided pits</i> (hexágonos)	Hexágonos são tipos mais raros que os trígonos, e usualmente ocorrem como placas rebaixadas.
<b>DODECAEDRO</b>	Definição
Terraços	São cristas concêntricas com três ou seis interseções de linhas aos lados desenvolvidos envolta dos três eixos da face do rombododecaedro.
<i>Hillocks</i>	São feições alinhadas concentricamente envoltas dos três eixos do rombododecaedro. São orientadas paralelamente a margem da face do cristal octaédrico de origem. Esta feição é fortemente influenciada pelo hábito de crescimento original e o grau de reabsorção.
<b>CUBO</b>	Definição
<i>Tetragonal pits</i> (tetrágonos)	As feições mais comumente reconhecidas nos cristais cúbicos são as formas tetragonais em cavas referidas como tetrágonos. Ocorrem normalmente com orientação negativa em relação à face do cristal.
<b>Texturas tardias</b>	
Esculturas de corrosão e depressões	A corrosão aparece normalmente como pequena cava rasa com a parte inferior plana ou arredondada e pode cobrir grande parte do diamante. Estas feições são encontradas em níveis mais altos do kimberlito o que indica que acontecem no resfriamento do mesmo.
<i>Micro-disks e micro-pits</i>	Estas feições se mostram como discos içados na superfície ou pequenas cavas. São associadas a eventos tardios que se submeteram a jatos de gases. Tem sido sugerida a presença de pequenas bolhas na superfície que poderiam ser responsáveis pelo desenvolvimento dos microdiscos.
	<b>TEXTURAS NÃO RESTRITAS A FACES DO CRISTAL ESPECÍFICA</b>
<i>Deformation lines</i>	As linhas de deformação ocorrem como deformação plástica causada pelo deslocamento e mudança dos átomos de carbono ao longo dos planos do octaedro.
<i>Frosting</i>	A superfície de <i>frosting</i> é causada por microscópicos buracos gravados provavelmente durante o último estágio de rápido resfriamento do kimberlito. Ela pode aparecer como uma fina ou até grossa textura fosca.

### 3.3.6. Abrasão

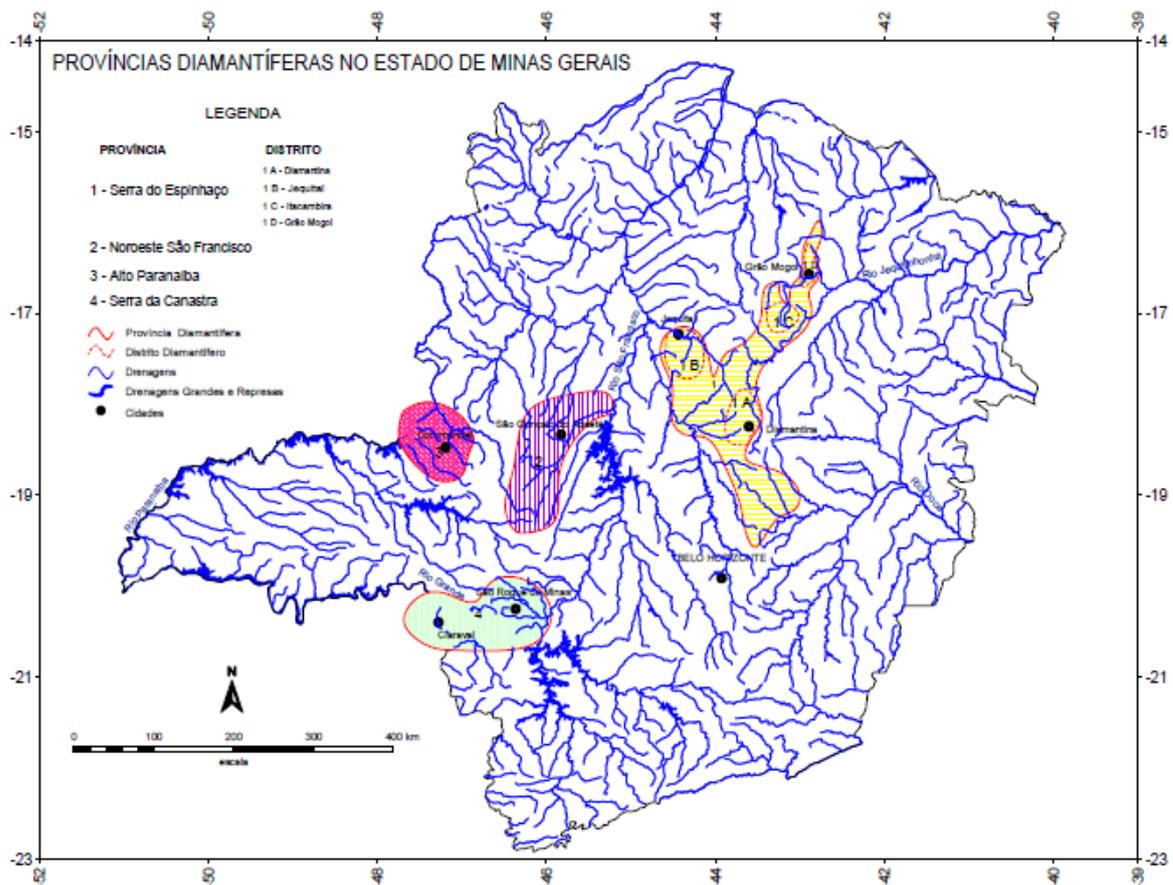
A abrasão é definida pelo processo mecânico de desgaste no transporte superficial no meio aluvionar, variando de intensidade conforme o tempo de rolamento ou deslocamento. Neste trabalho serão utilizados os seguintes parâmetros (Fig. 30): sem faceta original; pequenas facetadas visíveis; quinas e arestas gastas; e sem sinal de rolamento ou de desgaste.



**Figura 30:** Diferentes estágios de abrasão. 1, sem faceta original; 2, pequenas facetas visíveis; 3, quinas e arestas gastas; 4, nenhum sinal de rolamento ou desgaste.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

Segundo Benitez (2009), cada família de diamantes pode apresentar uma característica própria (“assinatura mineralógica típica”) segundo as diferentes províncias do Estado de Minas Gerais (Serra do Espinhaço, Noroeste São Francisco, Alto Paranaíba e Serra da Canastra). No entanto, as características principais destes minerais na região do Rio Borrachudo (Província Oeste São Francisco) ainda não foram estudadas. A classificação das populações descritas por Benitez (2009) nas diferentes províncias estão localizadas na figura 31 e resumidas na tabela 4.



**Figura 31:** Mapa de localização das províncias diamantíferas de Minas Gerais (Benitez, 2009).

**Tabela 4:** Síntese das características mais importantes das populações de diamantes das províncias mineiras, enfatizando os aspectos “relevantes” e “contrários” de cada uma delas (Benitez, 2009).

PROVÍNCIA DIAMANTÍFERA	DISTRITOS/ CAMPOS	ASPECTOS RELEVANTES	ASPECTOS CONTRÁRIOS
Alto Paranaíba	<i>Coromandel</i>	alta quilatagem cores <i>fancies</i> alta dissolução quebras	capas
Serra da Canastra	<i>Alto São Francisco</i>	baixa quilatagem cristais incolores forma octaedro agregados cristalinos	cores <i>fancies</i> quebras capas
Noroeste São Francisco		média/alta quilatagem cores <i>fancies</i> cristais irregulares quebras	
Serra do Espinhaço	<i>Jequitai</i>	baixa quilatagem f. rombododecaedro cristais intactos capas amarelas	cores <i>fancies</i> quebras corrosão
	<i>Grão Mogol</i>	baixa quilatagem f. rombododecaedro agregados cristalinos cristais intactos capas verdes	cores <i>fancies</i> quebras corrosão
	<i>Diamantina</i>		
	Datas/Extração	baixa quilatagem f. rombododecaedro cristais intactos capas verdes	cores <i>fancies</i> agregados quebras corrosão
	Rio Jequitinhonha	média quilatagem f. rombododecaedro cristais intactos capas verdes	cores <i>fancies</i> agregados cristalinos quebras corrosão

A região do Rio Borrachudo, área deste trabalho, está inserida na Província Noroeste São Francisco (Fig. 23). As descrições desta província foram de uma população oriunda do Rio Abaeté, principalmente da localidade de Fortaleza (Tab. 4 e Tab. 5). Elas são caracterizadas principalmente por rombododecaedros, de tamanhos entre 0,26 a 1,20 cts, dissolução média, cor incolor-amarela a incolor e purezas boas (pur-1 e pur-2) (Benitez, 2009; Benitez & Chaves, 2011).

**Tabela 5:** Características de pesos e formas das populações do Rio Abaeté, onde a ordenada representa: (1) 0,01-0,25 ct, (2) 0,26-0,60 ct, (3) 0,61-1,20 ct, (4) 1,21-2,00 ct, (5) > 2,00 ct, e a abscissa pela forma: (1) octaedro, (2) rombododecaedro, (3) cubo, (4) geminado, (5) irregular, (6) agregado (segundo Benitez, 2009).

Peso/Forma	Probabilidades					
	1	2	3	4	5	6
1	4,83	4,14	0,00	1,38	4,14	0,00
2	4,14	16,55	0,00	0,00	8,97	0,00
3	4,14	17,24	0,00	0,69	4,14	0,00
4	2,07	3,45	0,00	0,00	6,21	0,69
5	1,38	2,76	0,00	0,00	12,41	0,69

## **4. RESULTADOS OBTIDOS**

### **4.1. GEOLOGIA LOCAL**

O mapeamento geológico da área foi realizado em uma escala 1:50.000 (Anexo 4), utilizando imagens de satélite (Google Earth) como referência, em escala 1:10.000.

#### **4.1.1. Grupo Bambuí**

O embasamento é representado na área pelas rochas do Grupo Bambuí. A formação basal é composta por calcilutito cinza escuro, formando grandes paredes em um lineamento aproximado de NNE. Estas rochas não são contínuas, constituindo ilhas ao longo deste lineamento, localmente deformadas com dobras e fraturamentos em planos axiais. Elas ocorrem no centro sul da área e provavelmente pertencem à Formação Lagoa do Jacaré deste grupo.

Cobrindo esta unidade encontra-se um siltito, de coloração rósea a amarelada, intercalado com arenito sericítico. Este arenito em alguns locais está mais preservado e compacto. Sua espessura pode variar de 1 a 18 m (Fig. 32). Estas rochas estão representadas na maior parte da área, da sua posição centro sul até ao norte. Este pacote encontra-se dobrado e mostra fraturamento e cavalgamentos internos (Fig.33 e Fig.34).

Ocorrem também intercalações de calcirrudito oolítico (Fig. 35) em vários pontos, como blocos isolados de tamanhos variados, no mesmo lineamento das estruturas morfológicas principais (NNE a N). Essa rocha mostra fraturas preenchidas com calcita, mostrando remobilizações tardias.

Intercalado ao siltito, ocorre também uma rocha síltica com foliação ardosiana (Fig.36), de coloração cinza escuro, de espessuras decimétricas a métricas, cortadas por um sistema de fraturas verticais perpendiculares à sua foliação. Todo este pacote encontra-se coberto pelo arenito da Formação Areado em discordância angular.

Ao norte da região, fora a área de pesquisa, aparece um arenito fino, coloração branca, compacto, às vezes arcoseano provavelmente da Formação Três Marias.



**Figura 32:** Intercalações de arenito sericítico em meio ao siltito róseo do Grupo Bambuí.



**Figura 33:** Dobramentos em siltito do Grupo Bambuí.



**Figura 34:** Dobramento no siltito do Grupo Bambuí.



**Figura 35:** Calcáreo deformado da Formação Lagoa do Jacaré, com fraturamentos preenchidos por venulações de calcita.



**Figura 36:** Rocha siltica com foliação ardosiana, cortada por fraturas ortogonais à foliação principal.

#### **4.1.2. Possíveis Rochas Fontes do Diamante**

Foram encontradas em vários pontos, rochas muito alteradas que poderiam sugerir resquícios de intrusões vulcânicas, cortando as rochas siltíticas do Grupo Bambuí. Estas rochas, aparecendo como saprólito, ocorrem como diques na direção norte, aparentemente abaixo dos arenitos do Grupo Areado. Elas não mostram estruturas de foliação, são constituídas de pequenos seixos de silte e são discordantes da foliação deformada das rochas do Grupo Bambuí. Este fato pode ser identificado conforme as figuras 35 até 42.

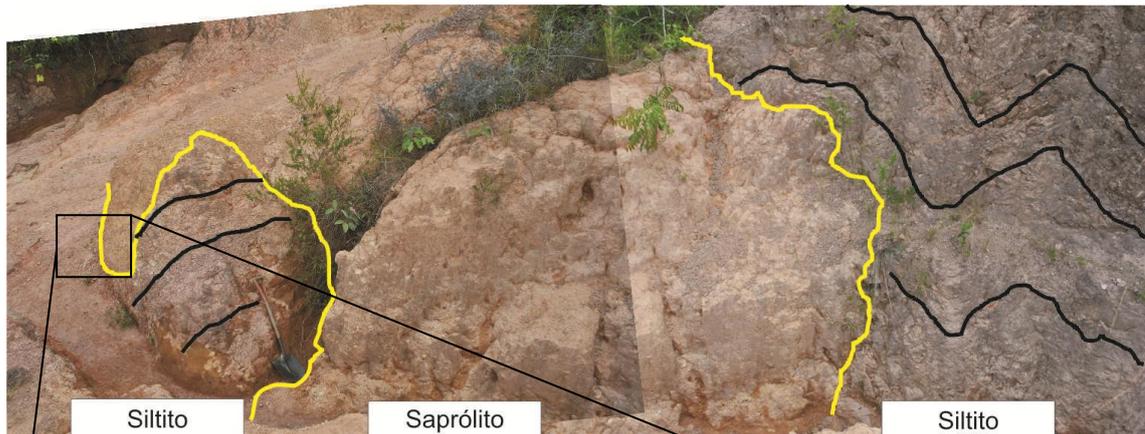
Tais rochas foram amostradas nos seguintes pontos:

- (Ponto 1) 422162/7947470
- (Ponto 2) 421993/7948003
- (Ponto 3) 422080/7946239
- (Ponto 4) 423633/7936183

##### *Ponto 1*

Saprólito de coloração amarelada, composto em sua maioria de pequenos grãos sub-arredondados de silte, alguns máficos e poucos grãos de calcedônia, em meio à matriz siltica

(Fig. 39). O afloramento mostra este material como discordante à encaixante, se estendendo por centenas de metros, em direção norte, oblíqua ao eixo dos dobramentos locais, mas com um ângulo suave de aproximadamente  $20^\circ$  (Fig. 37). Na parte inferior, côncava, apresenta um zoneamento dos minerais ferruginosos, sendo mais grosseiro na parte externa (Fig. 38). O concentrado de pesado, fração fina mostra diversos grãos de ilmenita, estaurólita, perovskita e magnetita (Fig. 38; Anexo 5).



**Figura 37:** Massa saprolítica em meio ao siltito (o contato é mostrado pela linha amarela; a linha preta mostra a foliação da rocha, Ponto 1).



**Figura 38:** Detalhe do zoneamento dos minerais pesados na parte externa do conduto.



**Figura 39:** Detalhes do saprólito do Ponto 1.



**Figura 40:** Concentrado de minerais pesados, mostrando principalmente estaurólita, perovskita e magnetita do Ponto 1.

### *Ponto 2*

Este ponto encontra-se a 500 m de distância a nortado ponto 1, onde o material encontra-se também bastante alterado. A rocha é formada por seixos subarredondados de

silte, que mostram internamente zoneamento e microfraturamentos preenchidos por minerais máficos. Em meio aos seixos pode-se observar fragmentos de jaspilito, minerais máficos e matacões de calcedônia (Fig. 41).

As amostras de concentrados quando observadas no microscópio apresentam um conjunto de minerais máficos, identificados em análises como perovskita e estauroлита abundante, além de ilmenita (Fig. 42).



**Figura 41:** Seixos sub-arredondados de silte e macrocristais de minerais máficos em massa saprolítica argilosa (Ponto 2).

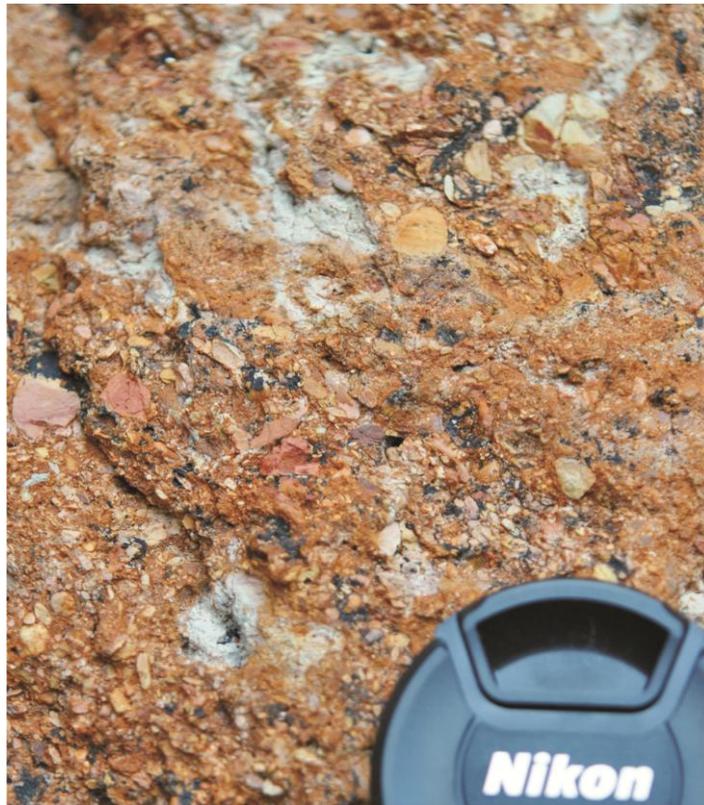


**Figura 42:** Detalhe do concentrado de minerais pesados do Ponto 2.

### *Ponto 3*

Este ponto encontra-se a 400 m de distância, a sul do ponto 1. A rocha é formada por seixos, milimétricos a centimétricos, subarredondados de siltito (Fig. 43). Sobrepondo-se, aparece uma rocha de coloração branca, com estruturas dendríticas de material máfico. Estes dendritos formam placas e estrutura tipo material orgânico (“samambaia”). Rochas semelhantes estão presentes em vários pontos isolados.

As amostras dos concentrados, quando observadas no microscópio, apresentam um conjunto de minerais máficos, identificados em análises como perovskita e estauroлита, podendo também ocorrer ilmenita (Fig. 44).



**Figura 43:** Seixos sub-arredondados de siltito em meio à massa saprolítica (Ponto 3).



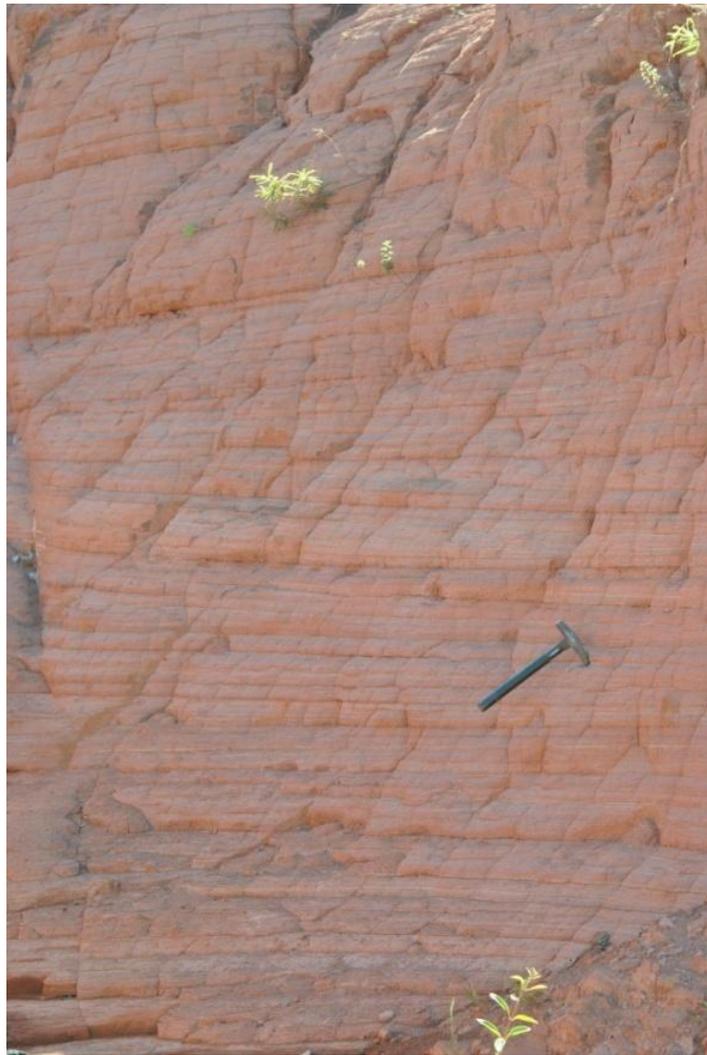
**Figura 44:** Detalhe do concentrado de minerais pesados do Ponto 3.

### 4.1.3 Grupo Areado

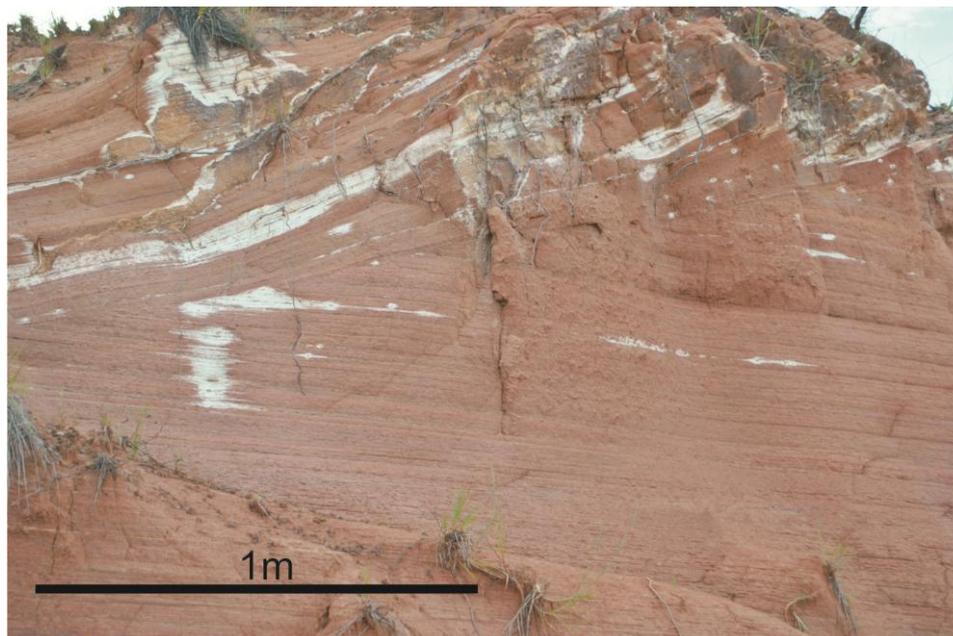
O Grupo Bambuí é coberto em discordância angular por uma camada arenosa, de aproximadamente 1 m (Fig. 45). Tal camada não apresenta deformação, e sua granulação é grossa a média, de coloração vermelho claro a marrom e, eventualmente, encontram-se seixos arredondados de quartzo, incluindo concreções microcristalinas. Logo acima, observa-se uma sequência bandada de arenito grosso com níveis de argila branca, mostrando estratificação cruzada, às vezes de alto ângulo. Esta camada possui na região uma espessura variável; em alguns locais chegam a mais de 30 m (Fig. 45 e Fig. 46).



**Figura 45:** Discordância angular verificada entre o Grupo Bambuí e o arenito do Grupo Areado.



**Figura 46:** Camada bandada e não deformada, do arenito do Grupo Areado.



**Figura 47:** Estratificação cruzada de grande porte, comum nos arenitos do Grupo Areado.

#### 4.1.4. Depósitos Aluvionares

Tais depósitos estão distribuídos nas margens do Rio Borrachudo. Eles estão distribuídos até uma distância máxima de 300 m do canal atual e formam dois depósitos distintos de cascalhos. O primeiro mais antigo e não contínuo, denominado aqui Paleoaluvião e o segundo, mais recente e contínuo (embora encaixado) denominado Paleocanal.

##### *Paleoaluvião*

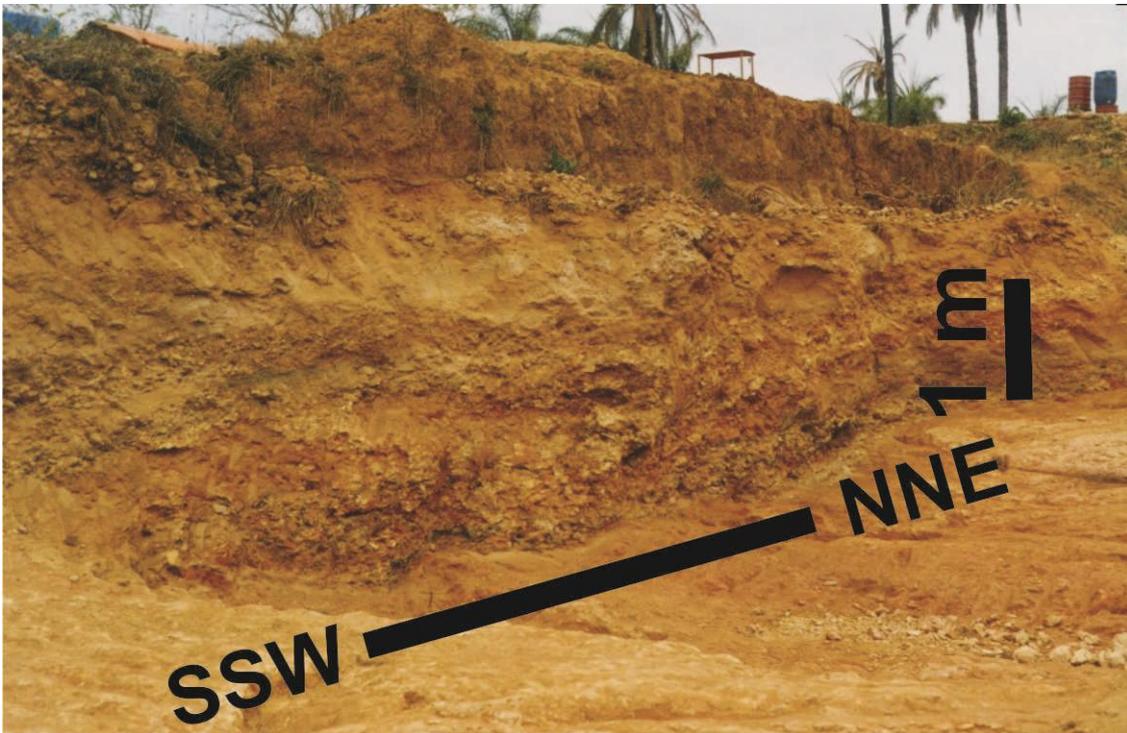
O depósito paleoaluvionar possui espessura média de 1,2 m, mas pode atingir até 3 m. Normalmente são aflorantes ou cobertos por uma fina camada de solo (até 0,3 m). Estes cascalhos são compostos de seixos de arenito branco bastante silicificado, grosso, com seixos arredondados a sub-arredondados de quartzo, e matacões de arenito cozido que podem atingir até 90 cm de diâmetro. Tais depósitos estão em sua grande maioria à margem oeste do leito atual (Fig. 42), em cotas entre 720 a 750 m.

##### *Paleocanal*

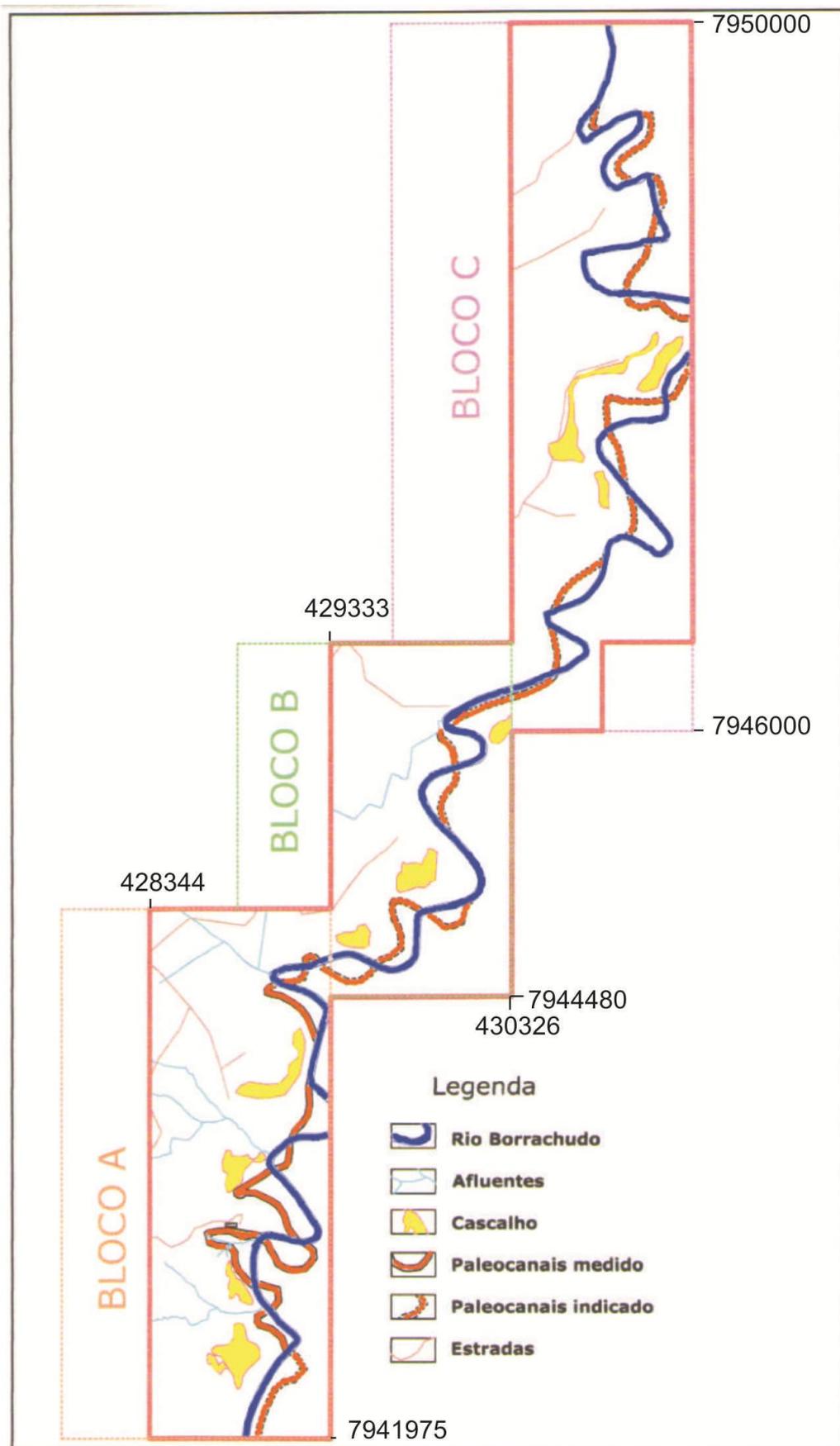
O depósito de paleocanal está localizado mais próximo ao leito atual, em cotas entre 715 a 720 m. Ele possui uma largura entre 25 e 35 m e normalmente está encoberto por areias. Tais areias em determinados locais apresentam espessuras de até 4 m, mas sua espessura média é entorno de 2 m. A base do paleocanal está a aproximadamente 1,5 m acima da lâmina d'água do leito atual. A direção preferencial do paleocanal é definida pela direção da estrutura das rochas; ele segue o leito atual margeando ora o lado leste, ora oeste, numa orientação principal de N15°E (Fig. 49). Sua litologia é representada por alternâncias de cascalhos e areias, descritas da base para o topo (Fig. 48 e Fig. 50):

- (1) Cascalho de granulação média com seixos de até 20 cm, angulosos a sub-angulosos, coloração ocre, compostos de siltitos em matriz arenosa. Sua espessura varia de 20 cm a 60 cm;
- (2) Cascalho grosso, com seixos sub-arredondados a arredondados de arenitos cozidos e blocos de calcedônia, coloração ocre a preta em matriz arenosa fina. Espessura em torno de 40 cm;
- (3) Areia cinza a preta, contendo minerais pesados como magnetita, e espessura de até 60 cm;

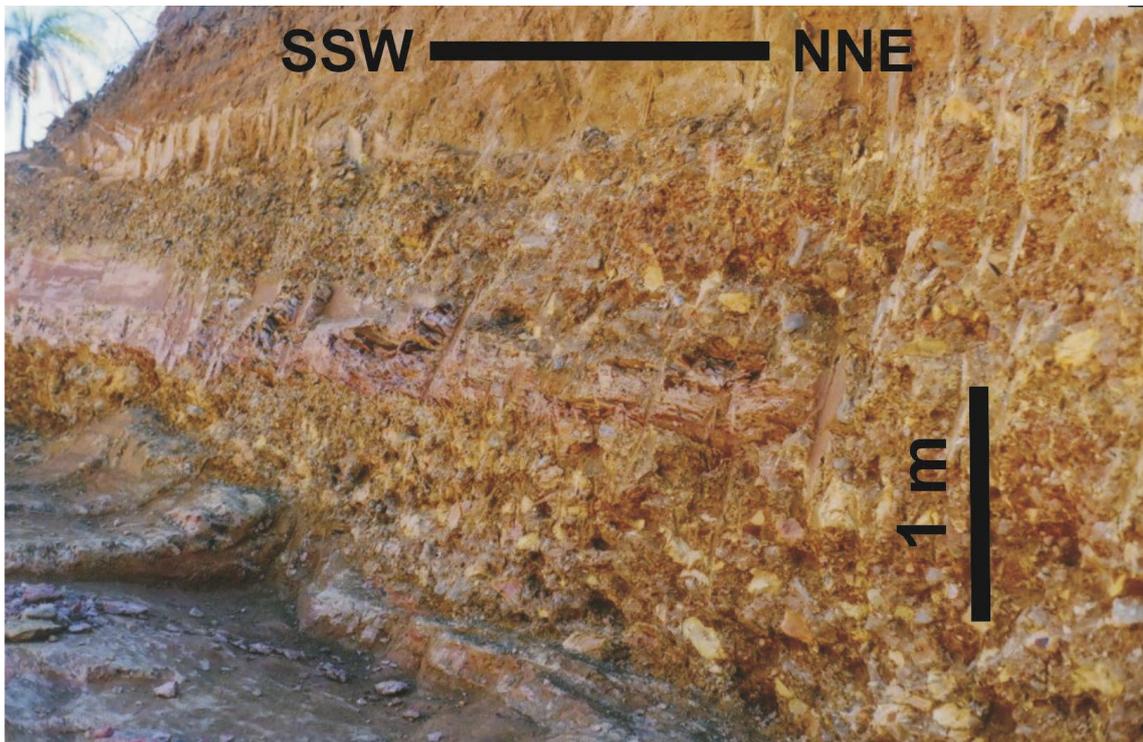
- (4) Cascalho com granulação média a fina, de coloração avermelhada e matriz arenosa, também de coloração vermelha e espessura de até 80 cm;
- (5) Cascalho grosso com seixos essencialmente de quartzito branco, bem arredondados. A matriz é areia ocre, com pouca argila. A espessura varia entre 10 a 30 cm;
- (6) Areia fina de espessura média 60 cm;
- (7) Cascalho fino, composto de seixos sub-arredondados, com espessura de 30 cm;
- (8) Areia de cor amarronzada, com espessura variável podendo chegar em certos locais a 4 m.



**Figura 48:** Depósito de paleocanal do Rio Borrachudo, ilustrando sua estratigrafia básica.



**Figura 49:** Mapa de localização dos depósitos de paleoaluvião e de paleocanal do Rio Borrachudo, na área de concessão da Petrus Mineração Ltda (Processo DNPM 833.291/2003).



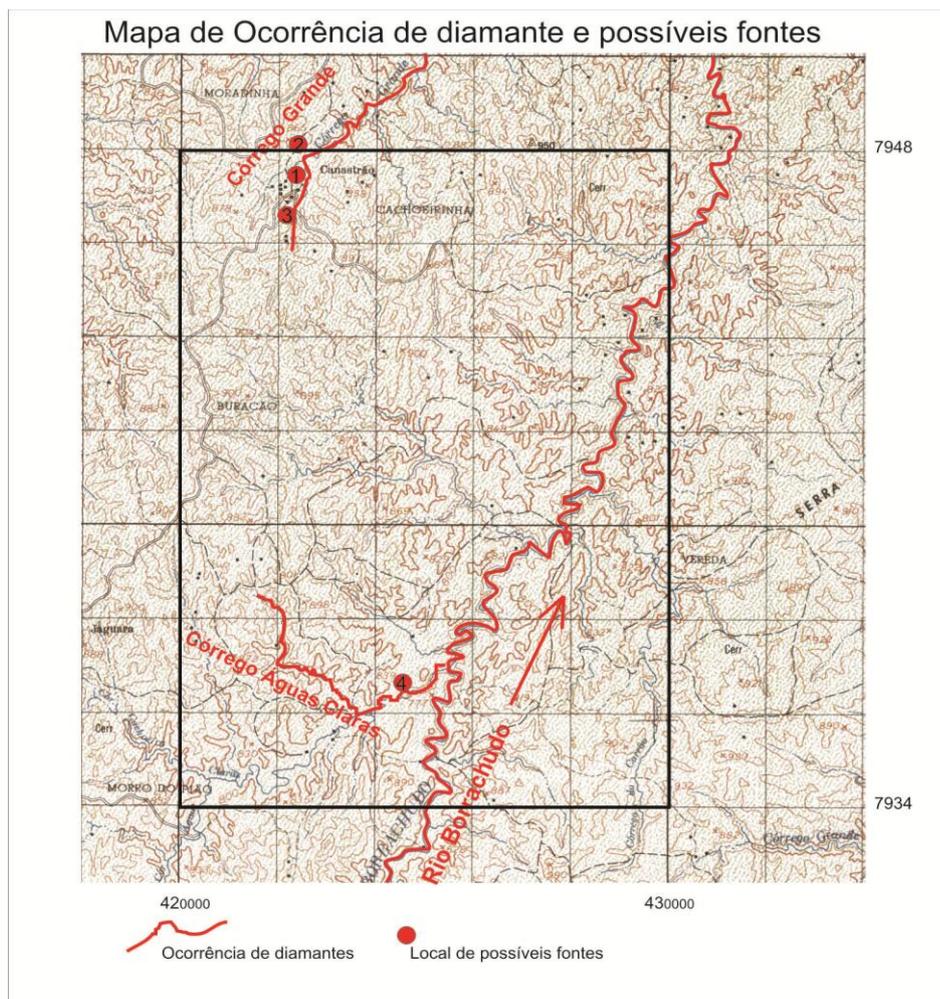
**Figura 50:** Depósito de paleocanal, mostrando níveis de cascalho intercalados com argila e areia, sobrepondo o metassiltito do Grupo Bambuí.

Depósitos de diamantes são encontrados nos aluviões do Rio Borrachudo, mas podem ocorrer também nos cascalhos do leito do Córrego Grande e do Córrego Águas Claras (Fig. 52). O Córrego Grande possui uma calha de cerca de 1 m de largura. Da nascente a foz, vários de seus tributários também fornecem diamantes a este córrego. Ele deságua no Rio Borrachudo a mais ou menos, 15 km ao norte da área de pesquisa e não pode ser referenciado nas análises dos diamantes. O Córrego Águas Claras também tem histórico de produção de diamantes, no entanto não foi estudada nenhuma amostra neste trabalho.

Ao sul da área de trabalho, no Rio Borrachudo, a presença de diamante é verificada desde sua nascente, podendo se destacar duas importantes regiões: Serra do Munho e região de São Gotardo. Assim, os diamantes encontrados nos depósitos de aluvião às margens do Rio Borrachudo são necessariamente provenientes de áreas a montante da planta da Petrus Mineração.



**Figura 51:** Equipamento utilizado na concentração do cascalho diamantífero na área de concessão da Petrus Mineração.



**Figura 52:** Mapa de localização das ocorrências de diamantes e das possíveis intrusões.

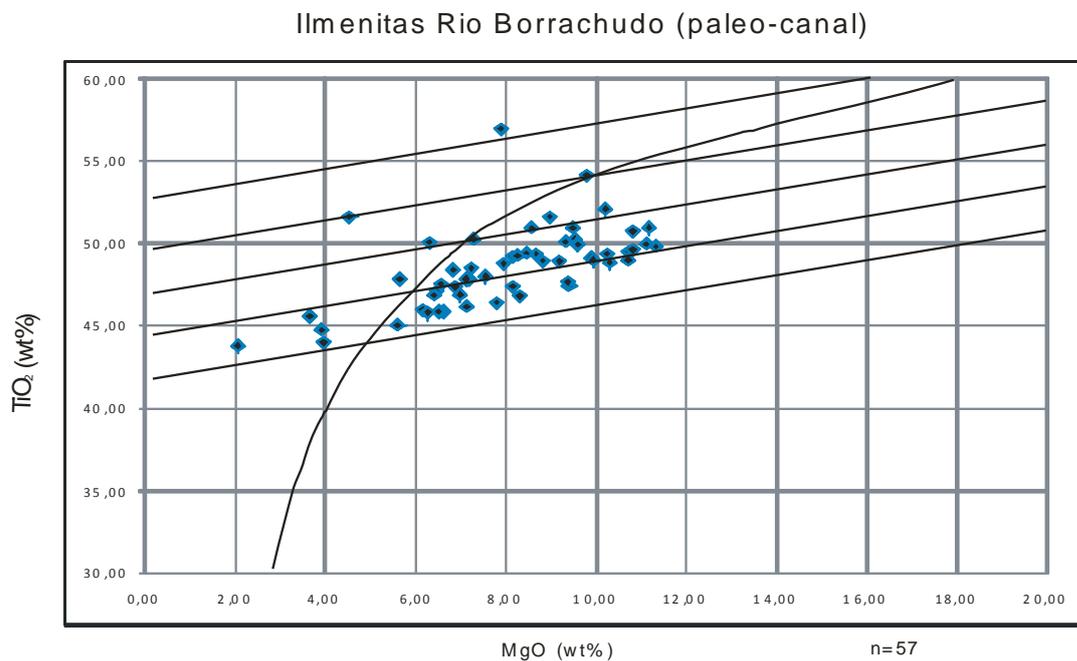
#### 4.1.5. Solos Lateríticos

Os solos lateríticos estão espalhados por vários locais da área, mas principalmente cobrindo os arenitos do Grupo Areado, parte oeste da área. Sua espessura pode alcançar até 1 m.

#### 4.2. MINERAIS INDICADORES

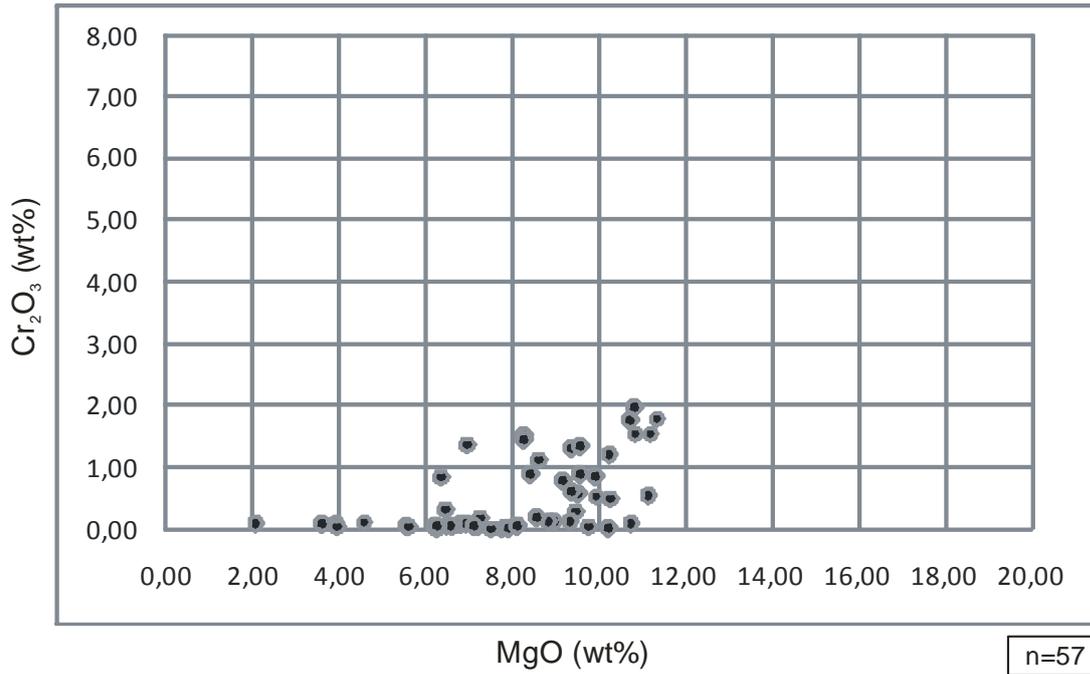
##### *Ilmenita*

A ilmenita foi selecionada e analisada no laboratório da Universidade Federal de Minas Gerais, utilizando o equipamento microsonda eletrônica. Foram identificados 57 grãos de ilmenita e analisados pela média. O resultado das análises foram plotados em gráfico ( $\text{TiO}_2 \times \text{MgO}$ ) e ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 \times \text{MgO}$ ) (Fig. 53 e Fig. 54) e comparados com a classificação da ilmenita de Wyatt et al. (2003). Utilizando a metodologia aplicada por esses autores, pode-se concluir que as ilmenitas analisadas são de origem kimberlítica.



**Figura 53:** Diagrama  $\text{TiO}_2$  (%) x  $\text{MgO}$  (%) das análises de ilmenitas do depósito de paleocanal às margens do Rio Borrachudo.

### Ilmenitas Rio Borrachudo (paleo-canal)

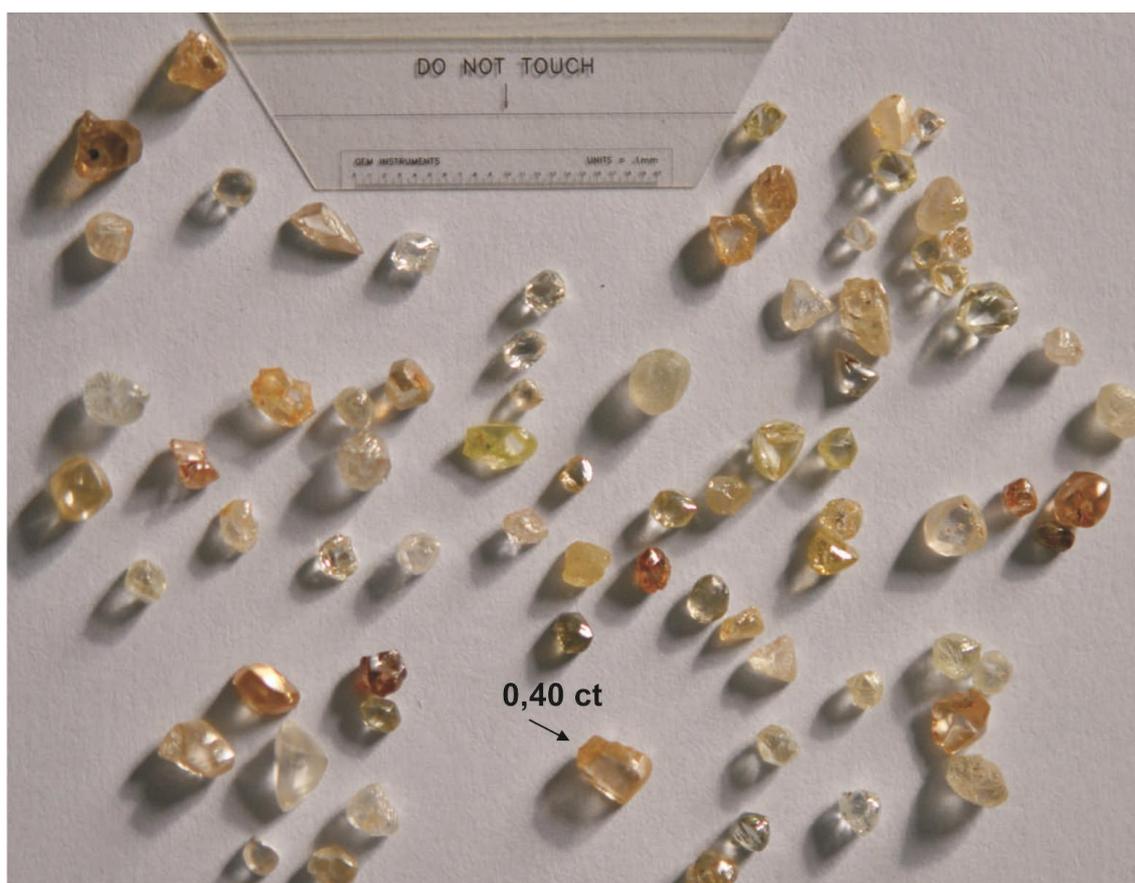


**Figura 54:** Diagrama Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) x MgO (%) das análises de ilmenitas do paleocanal das margens do Rio Borrachudo.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DOS DIAMANTES

As amostras de diamantes coletadas na região do Rio Borrachudo (UTM 428869/7943203) foram analisadas no laboratório da Petrus Mineração. Elas são oriundas basicamente de uma única região sendo, porém, dos dois tipos de depósitos: paleoaluvião e paleocanal. Neste trabalho não foi possível identificar sua origem relativa, devido ao fato que as amostras não foram previamente separadas. Foram descritas em detalhe um total de 114 amostras (Anexo 1).

Os diamantes do Rio Abaeté são de duas áreas diferentes, sendo uma da região das Bombas (UTM 415203/7950143) num total de 49 amostras (Anexo 2), e outra da região da Fortaleza (UTM 429228/7983597) com total de 74 amostras (Anexo 3), totalizando 123 amostras. Além destes dados coletados pelo autor, foram também utilizados neste trabalho os dados de Benitez (2009), com um total de 143 amostras, principalmente oriundas da região da Fortaleza.



**Figura 55:** Diamantes encontrados no Rio Borrachudo, na área da Petrus Mineração.



**Figura 56:** Diamantes encontrados no Rio Abaeté (localidade de Bombas).

## 5.1. DIAMANTES DO RIO BORRACHUDO

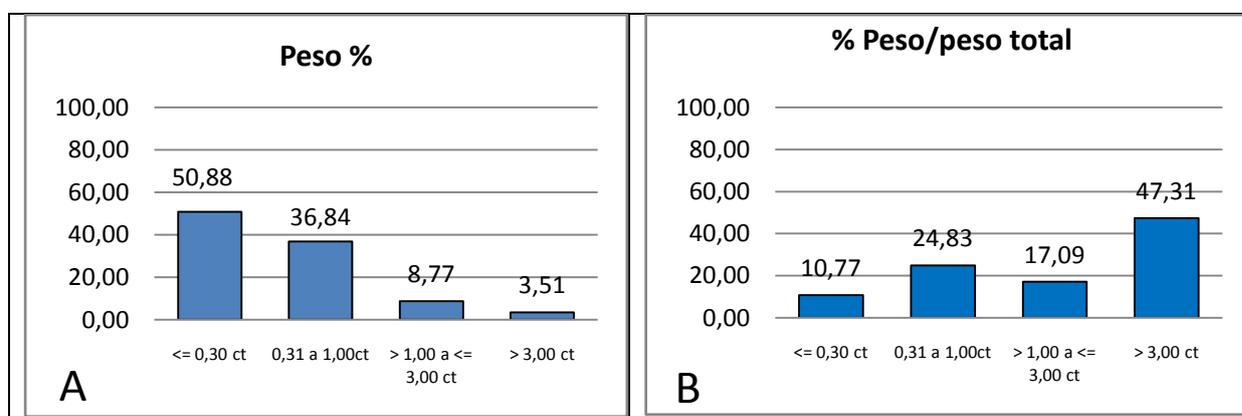
### 5.1.1. Classificação Gemológica

#### *Peso*

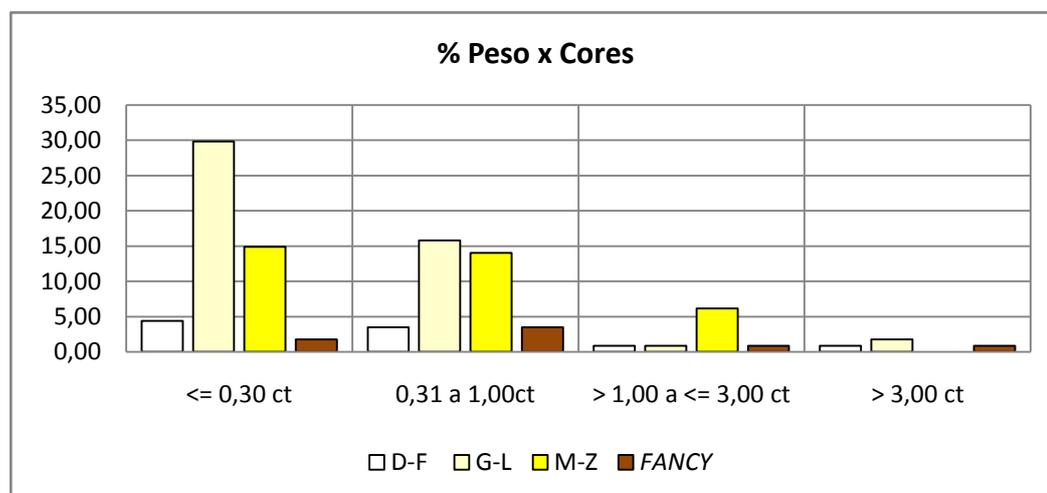
Nas amostras, observa-se um predomínio de pedras com pesos de até 0,30 ct, seguido de pedras entre 0,31 e 1,00 ct (Tab. 7, Fig. 57A). No entanto, esta relação se altera quando comparadas ao peso total das amostras, com predomínio das pedras maiores de 3 ct seguida por pedras entre 0,30 e 1,00 ct (Fig. 57B). Nas pedras até 0,30 ct predominam substancialmente as de cores G-L, e nas pedras de pesos entre 0,30 a 1,00 ct as cores G-L e M-Z estão mais próximas umas das outras, enquanto que nas pedras de pesos de 1 a 3 ct predominam as tonalidades mais escuras, M-Z (Tab. 7, Fig. 58). Em relação às cores secundárias, há uma inversão em todas as faixas de peso, entre as cores G-L (amarelas superam as marrons) e M-Z (marrons superam as amarelas) (Tab. 6, Fig. 59). Ao se compararem os percentuais de peso com as formas cristalográficas, são mais abundantes os *chips* de pesos até 0,30 ct, seguido dos rombododecaedros achatados (Tab. 7, Fig. 61). A forma *chip* predomina na faixa de peso de 0 a 0,30 ct, enquanto que na faixa de 0,31 a 1,00 ct predominam as formas 11 a 15 (Fig. 3, Tab. 8).

**Tabela 6:** Percentuais por peso/total de pedras; % cores/faixa peso; % cor secundária / total de pedras com cores secundárias.

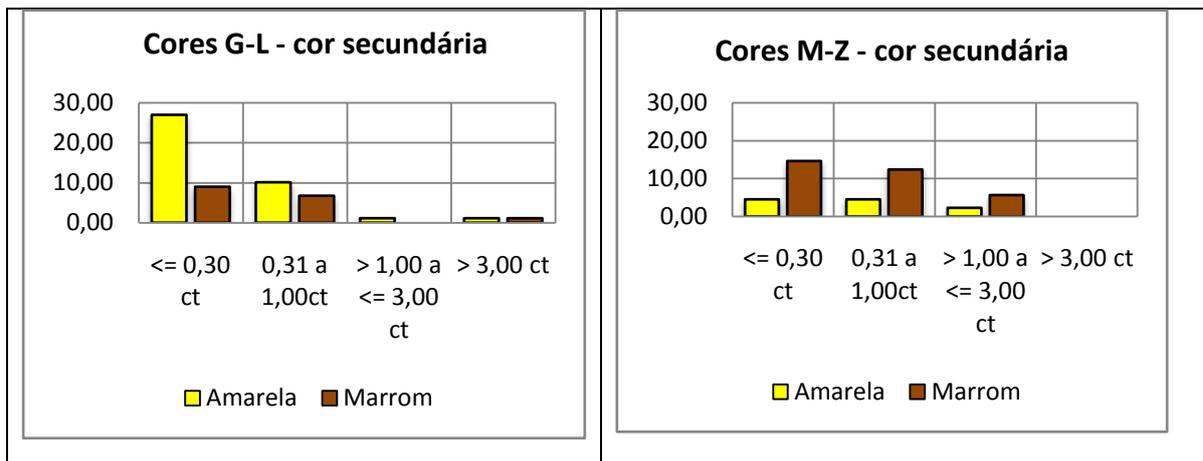
PESO	0 a 0,30 ct	0,31 ct a 1,00 ct	1,01 a 3 cts	> 3cts
%	50,88	36,84	8,77	3,51
<b>CORES %</b>				
D-F	4,39	3,51	0,88	0,88
G-L	29,82	15,79	0,88	1,75
M-Z	14,91	14,04	6,14	0,00
FANCY	1,75	3,51	0,88	0,88
<b>% cores secundárias/total cor secundária</b>				
Amarela G-L	26,97	10,11	1,12	1,12
M-Z	4,49	4,49	2,25	0,00
Marrom G-L	8,99	6,74	0,00	1,12
M-Z	14,61	12,36	5,62	0,00



**Figura 57:** (A) Peso dos diamantes em percentual pelo número de amostras, e (B) peso em percentual pelo peso total dos diamantes.



**Figura 58:** Percentuais de peso dos diamantes em relação às cores.



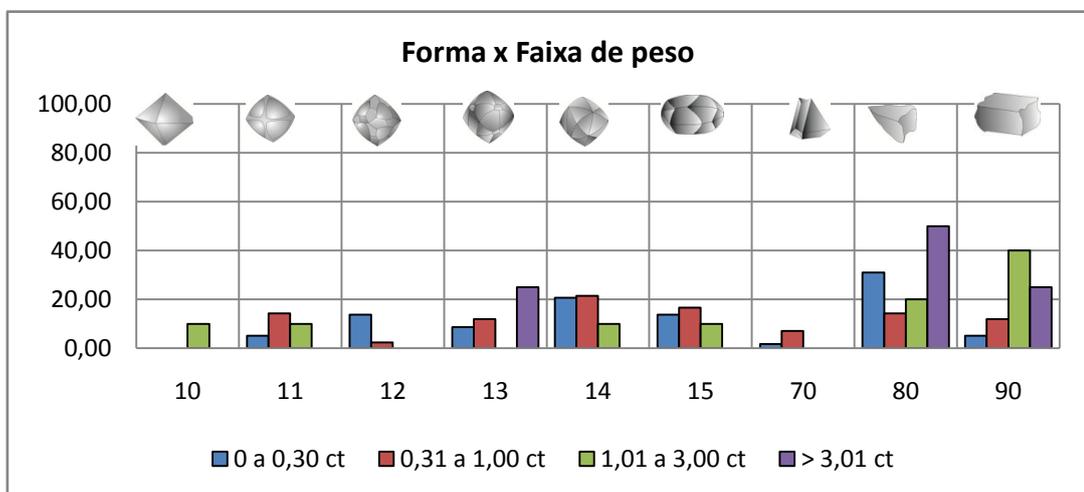
**Figura 59:** Percentuais de peso dos diamantes em percentual pela cor secundária, nas pedras de cores G-L e M-Z.

**Tabela 7:** Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.

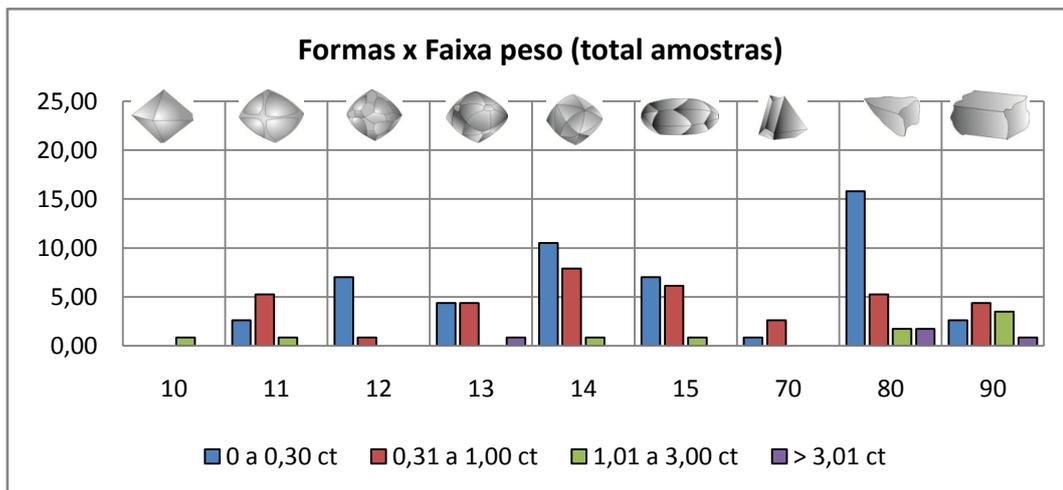
Forma / Cor	10	11	12	13	14	15	70	80	90
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	2,63	7,02	4,39	10,53	7,02	0,88	15,79	2,63
0,30 a 1	0,00	5,26	0,88	4,39	7,89	6,14	6,14	0,00	0,00
1-3	0,88	0,88	0,00	0,00	0,88	0,88	0,00	1,75	3,51
>3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	1,75	0,88

**Tabela 8:** Percentuais de peso x forma cristalográfica / faixa de peso.

Forma / Cor	10	11	12	13	14	15	70	80	90
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	5,17	13,79	8,62	20,69	13,79	1,72	31,03	5,17
0,30 a 1	0,00	17,14	2,86	14,29	25,71	20,00	20,00	0,00	0,00
1-3	10,00	10,00	0,00	0,00	10,00	10,00	0,00	20,00	40,00
>3	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	50,00	25,00



**Figura 60:** Percentuais de forma cristalográfica x faixa de peso (total de cada faixa de peso).



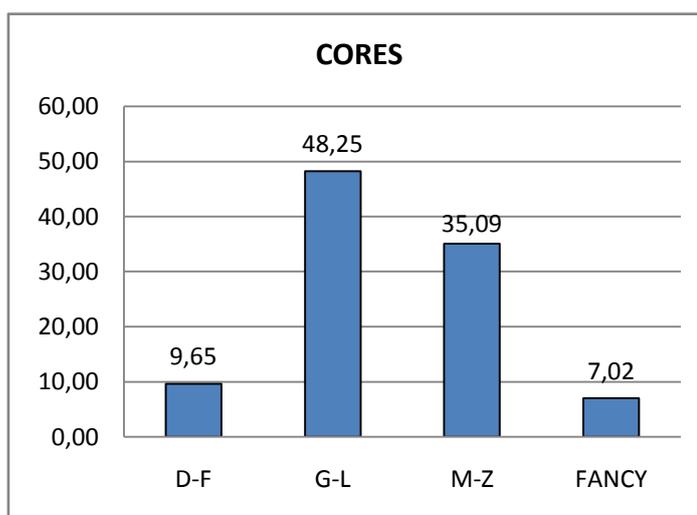
**Figura 61:** Percentuais da forma cristalográfica x faixa de peso (total de amostras).

### Cor

As cores seguem a classificação utilizada pelo GIA (Gemological Institute of America). Nos diamantes do Rio Borrachudo observa-se uma predominância de cores G-L, praticamente em todas as formas a exceção da forma *flat*, seguida muito proximamente das cores M-Z (Tab. 9, Fig. 62).

**Tabela 9:** Percentuais de cor principal /total de amostra.

COR	D-F	G-L	M-Z	FANCY
%	9,65	48,25	40,35	7,02

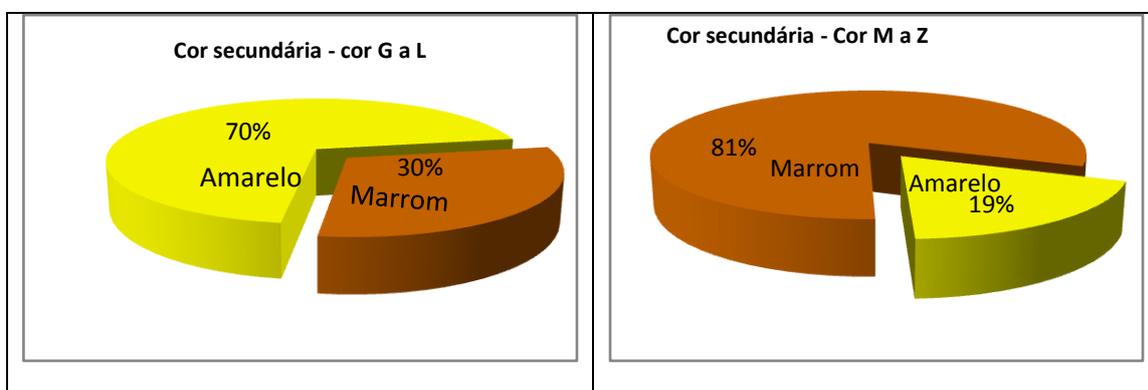


**Figura 62:** Percentuais dos diamantes em relação às cores.

Com relação às cores secundárias, observando a mesma classificação do GIA, nota-se, de modo inverso, um predomínio de amarelo para as cores de G a L (70%) e do marrom para as cores de M a Z (81%) (Tab. 10, Fig. 63 e Fig. 64) e observa-se também que estas estão relacionadas com a morfologia. Assim, cristais octaédricos e seus descendentes acompanham as cores secundárias amarelas, enquanto as *chips* e as *flats* acompanham as marrons (Fig. 67).

**Tabela 10:** Percentuais de cor secundária em relação à cor principal.

Cor secundária	Amarelo		Marrom	
	G-L	M-Z	G-L	M-Z
%	81,00	19,00	30,00	70,00



**Figura 63:** Cor secundária dos diamantes do Rio Borrachudo de G a L.

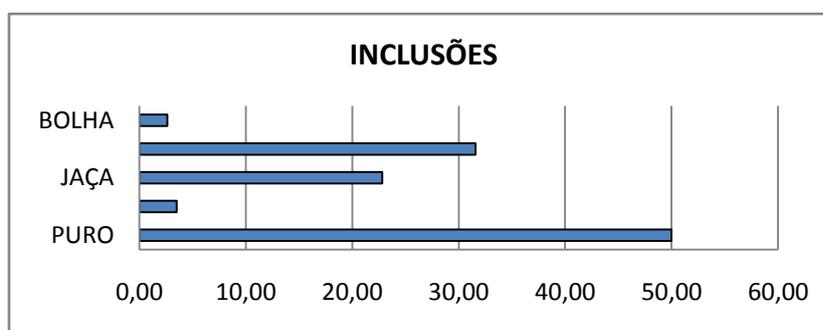
**Figura 64:** Cor secundária dos diamantes do Rio Borrachudo das cores de M a Z.

### Pureza

Em relação aos graus de pureza, os cristais puros são mais abundantes, seguido dos que apresentam inclusões cristalinas (Tab. 11, Fig. 65).

**Tabela 11:** Percentuais do parâmetro de pureza /total de amostra.

Puro	Clivagem	Jaças	Cristal	Bolhas
50,00	3,51	22,81	31,58	2,63



**Figura 65:** Percentuais de tipo de inclusões/ total de pedras.

### Fluorescência

No parâmetro de fluorescência, predominam os cristais sem qualquer emissão do fenômeno (Tab. 12).

**Tabela 12:** Percentuais de fluorescência (classificação do Gemological Institute of America).

	Sem	<i>Faint</i>	Média	<i>Strong</i>	<i>Very Strong</i>
%	84,21	1,75	5,26	6,14	2,63

### 5.1.1. Texturas Superficiais

#### Morfologia

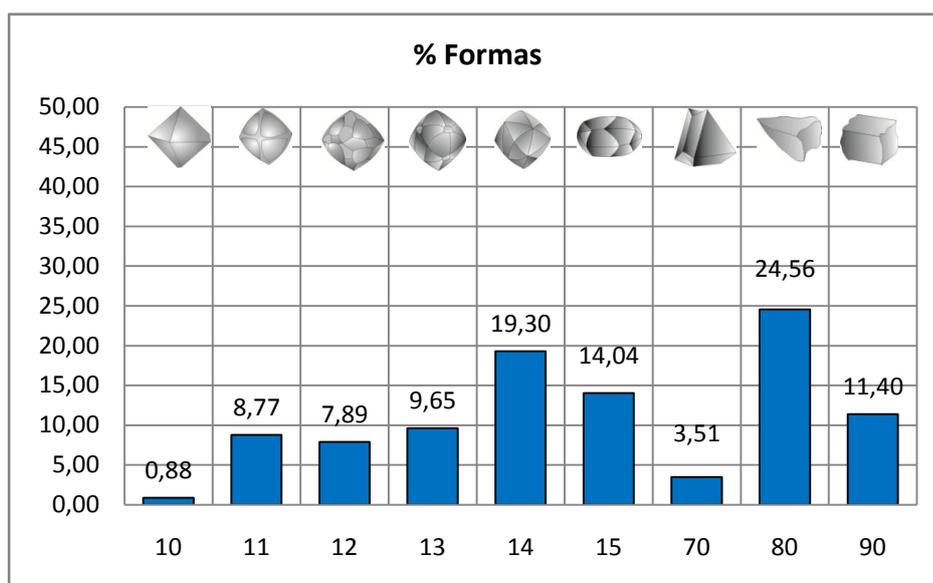
As formas dos cristais são principalmente octaedros, seus descendentes (rombododecaedros), *chips* e *flats* (Fig. 3, Tab. 13). Na tabela 13 pode-se observar que, das diferentes formas cristalográficas, os *chips* (Forma 80 - 24,56%) predominam seguidos pelas duas formas com maior dissolução do octaedro (Forma 14 - 19,30% + Forma 15 - 14,04%), as quais somadas perfazem 33,34%. Observando a forma em relação às cores predominam a Forma 14 de cores G-L (11,40%), *chips* nas cores de G-Z (18,42%) e as formas *flats* de cores M-Z (8,77%) (Fig. 67). Das cores secundárias, o marrom predomina nas formas 80 (*chip*) e forma 90 (*flat*) com maior percentual para as cores M-Z e menor para G-L, enquanto que o amarelo predomina nas formas octaédricas (Formas 10, 11, 12 e 14) com ordem inversa, sendo maior para G-L e menor para M-Z (Fig. 68).

**Tabela 14:** Percentuais de forma/total de amostra; percentuais da cor principal x formas cristalográficas /total de amostras e cor de interferência x formas/total de amostra (conforme Fig. 3 para as formas).

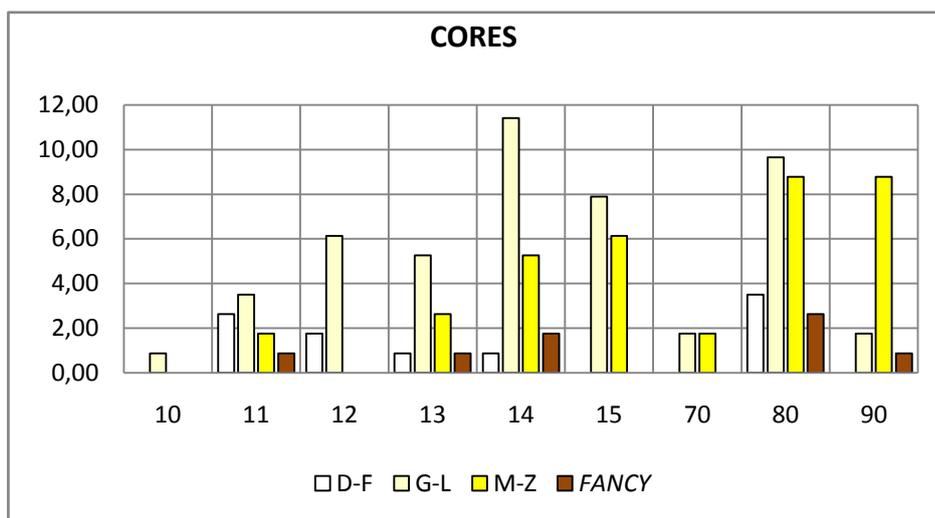
Forma / Cor									
FORMA N°	10	11	12	13	14	15	70	80	90
Amostras N=114	1	10	9	11	22	16	4	28	13
%	0,88	8,77	7,89	9,65	19,30	14,04	3,51	24,56	11,40

D-F	0,00	2,63	1,75	0,88	0,88	0,00	0,00	3,51	0,00
G-L	0,88	3,51	6,14	5,26	11,40	5,26	1,75	9,65	1,75
M-Z	0,00	1,75	0,00	2,63	5,26	6,14	1,75	8,77	8,77
<i>Fancy</i>	0,00	0,88	0,00	0,88	1,75	0,00	0,00	2,63	0,88

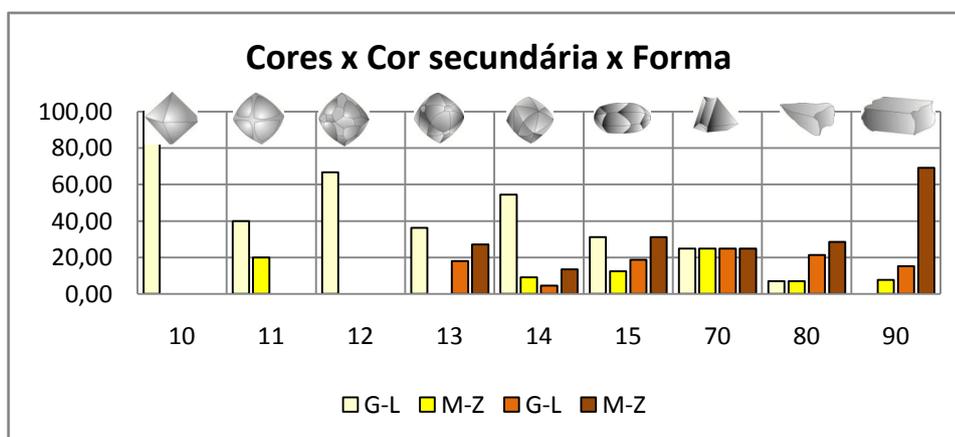
Cor Marrom	G-L	0,00	0,00	0,00	18,18	4,55	18,75	25,00	21,43	15,38
	M-Z	0,00	0,00	0,00	27,27	13,64	31,25	25,00	28,57	69,23
Cor Amarelo	G-L	100,00	40,00	66,67	36,36	54,55	31,25	25,00	7,14	0,00
	M-Z	0,00	20,00	0,00	0,00	9,09	12,50	25,00	7,14	7,69



**Figura 66:** Percentuais de formas cristalográficas.



**Figura 67:** Percentuais de cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).



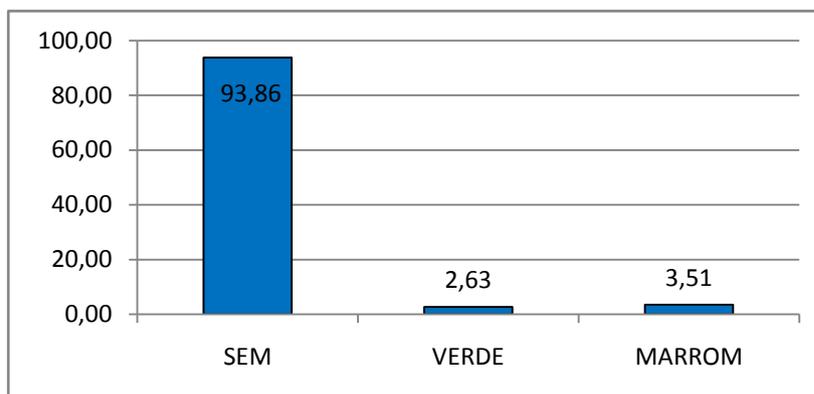
**Figura 68:** Percentuais de cores x cores secundárias em relação às formas cristalográficas (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, as outras duas da cor marrom).

### Manchas

Quanto à presença de manchas (*skins*) na superfície dos cristais, observou-se um percentual muito pequeno delas, distribuídas equitativamente entre manchas verdes e marrons (Tab. 14, Fig. 69).

**Tabela 14:** Percentuais de manchas (*hot spots*).

	Sem	Verde	Marrom
%	94,69	2,65	2,65



**Figura 69:** Percentuais de manchas nas amostras.

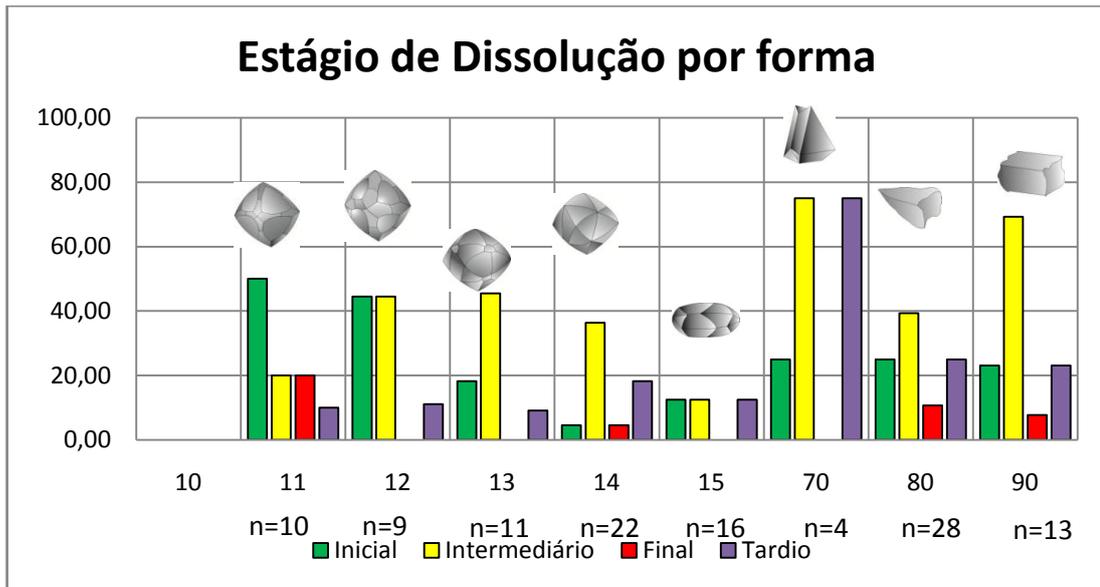
### Figuras Superficiais

As figuras de dissolução são aqui destacadas separadamente conforme o estágio de evolução. De tal modo, os triângulos negativos e positivos, e as pirâmides, são todos considerados como triângulos; *ashillocks* também são agrupadas independentemente se são em blocos ou pirâmides, com exceção ao *hillock* residual.

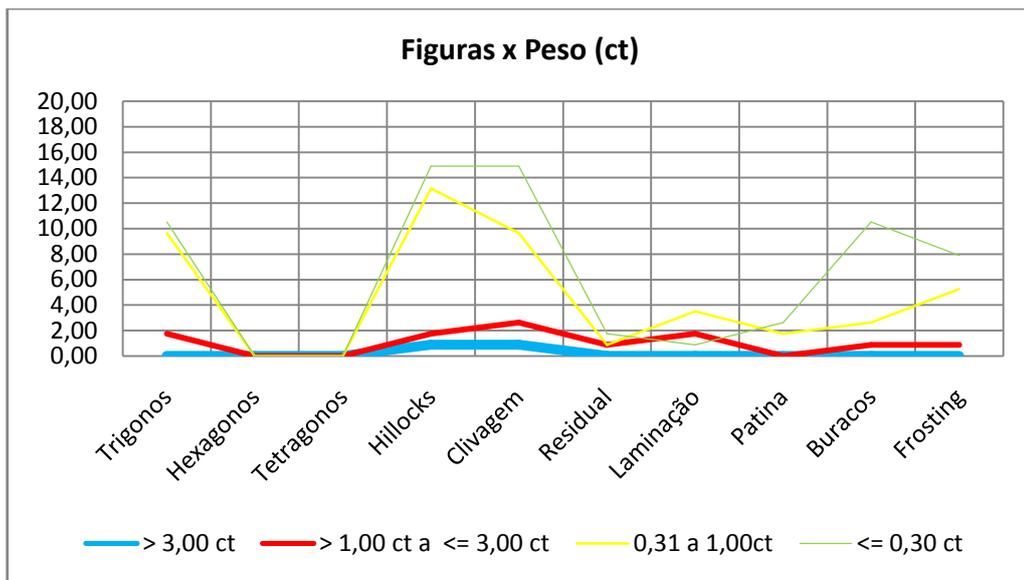
As figuras mais comuns são os triângulos do estágio inicial, *hillocks* e clivagens do estágio intermediário, seguidos por figuras de estágio tardio, buracos, pátina e *frosting* (Fig.65).

**Tabela 15:** Figuras superficiais – percentuais das figuras de dissolução no estágio inicial (triângulos), % intermediário (*hillocks*, clivagem secundária), % final (*hillocks* residuais, linhas de laminação); e percentuais das figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e *frosting*).

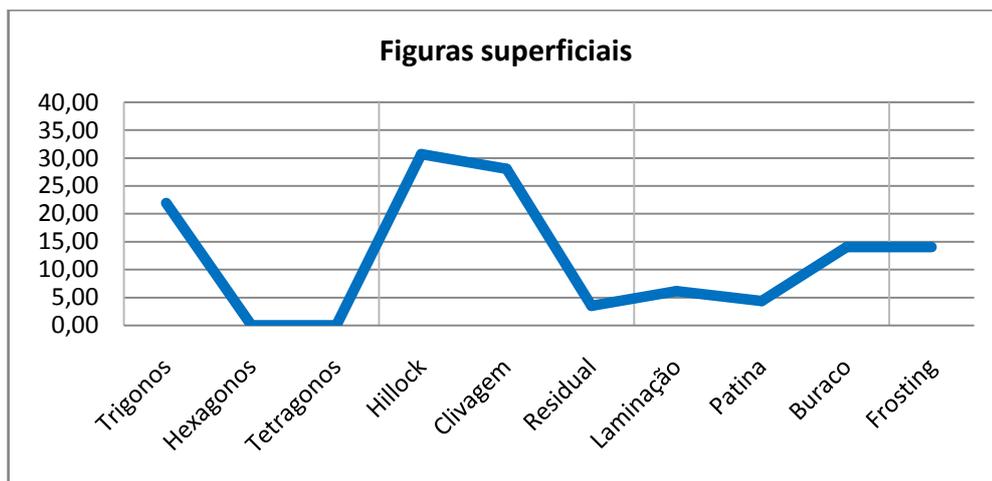
Forma x Figura								<i>Chip</i>	<i>Flat</i>
Figuras de estágio inicial de dissolução									
<i>Trigons</i>	0,00	50,00	44,44	18,18	4,55	12,50	25,00	25,0	23,08
Figuras de estágio intermediário									
<i>Hillocks.</i>	0,00	20,00	44,44	45,45	36,36	12,50	75,00	25,00	30,77
Clivagem secundária	0,00	10,00	22,22	27,27	13,64	12,50	25,00	39,29	69,23
Figuras de estágio final de dissolução									
<i>Hillocks residuais</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	7,14	7,69
Linhas de Laminação	0,00	20,00	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	10,71	7,69
Texturas de estágio tardio									
Buracos	0,00	0,00	0,00	9,09	18,18	12,50	0,00	25,00	15,38
Pátina	0,00	0,00	11,11	0,00	9,09	6,25	0,00	3,57	0,00
<i>Frosting</i>	0,00	10,00	0,00	0,00	9,09	12,50	75,00	17,86	23,08



**Figura 70:** Percentuais em cada estágio (máximo das figuras superficiais por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica (n= número de amostras por forma).



**Figura 71:** Percentuais de figuras superficiais em faixas de peso, em sequência de evolução / total amostras.



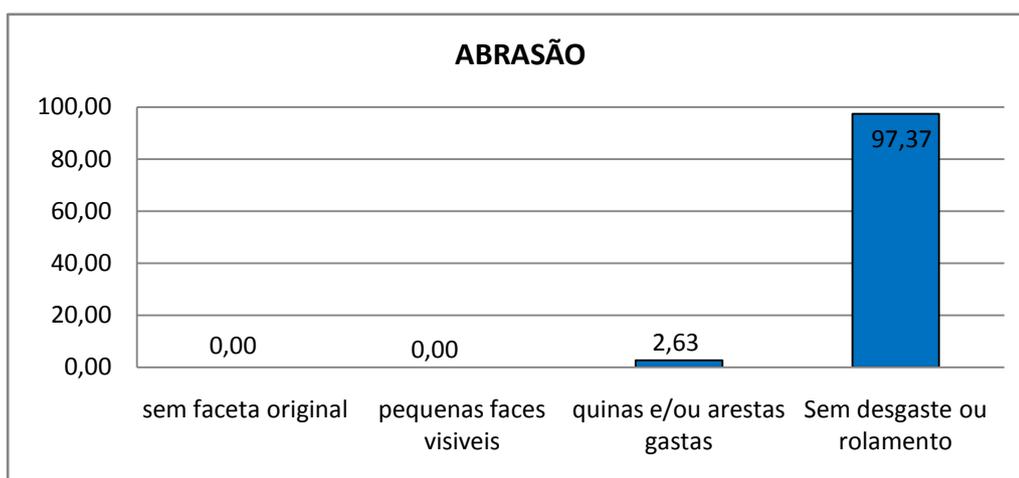
**Figura 72:** Percentuais das figuras superficiais, em sequência da evolução / total de amostras.

### Abrasão

No item abrasão, que significa o processo mecânico do desgaste, predomina largamente as pedras sem sinal de desgastes (Tab. 16, Fig.73).

**Tabela 16:** Percentuais de pedras com abrasão.

	Quantidade	%
Sem faceta original	0	0,00
Pequenas facetas visíveis	0	0,00
Quinas e arestas gastas	3	2,63
Sem sinal de rolamento e desgaste	111	97,37



**Figura 73:** Percentuais de tipos de abrasão.

## 5.1. DIAMANTES RIO ABAETÉ

### 5.1.1. Localidade Bombas

#### 5.2.1.1. Classificação Gemológica

##### Peso

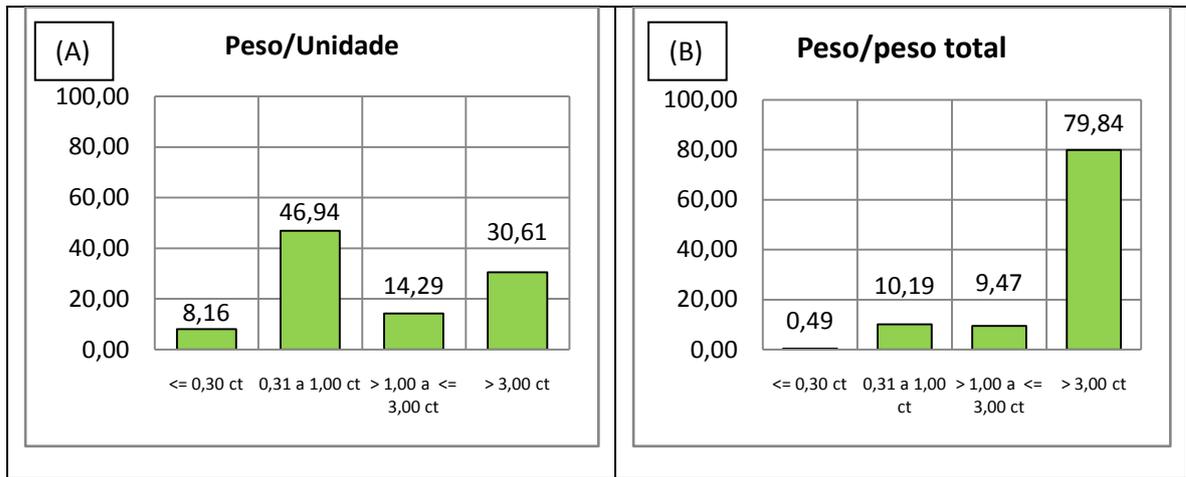
Os diamantes da região das Bombas, no Rio Abaeté, aparentam um predomínio de pedras entre 0,31 a 1,00 ct, seguidas por pedras acima de 3 ct. Ainda é importante ressaltar a presença de pedras maiores (Tab. 17, Fig. 74). Quando se compara os dados pelo peso total, as pedras acima de três quilates têm amplo predomínio sobre as demais; esta faixa representa quase 80% do peso total das amostras (Fig. 74b). Observa-se também predomínio de pedras mais escuras (M a Z), e *fancies* nas acima de 1,00 ct; Nas pedras de 0,30 a 1,00 ct predominam as cores de G a L (Tab. 18, Tab. 19, Fig. 75).

As formas cristalográficas mais comuns para pedras acima de 1,00 ct são os *chips* e os *flats*, enquanto para pesos abaixo de 1,00 ct predominam as formas octaédricas e suas descendentes (Fig. 77, Fig. 78).

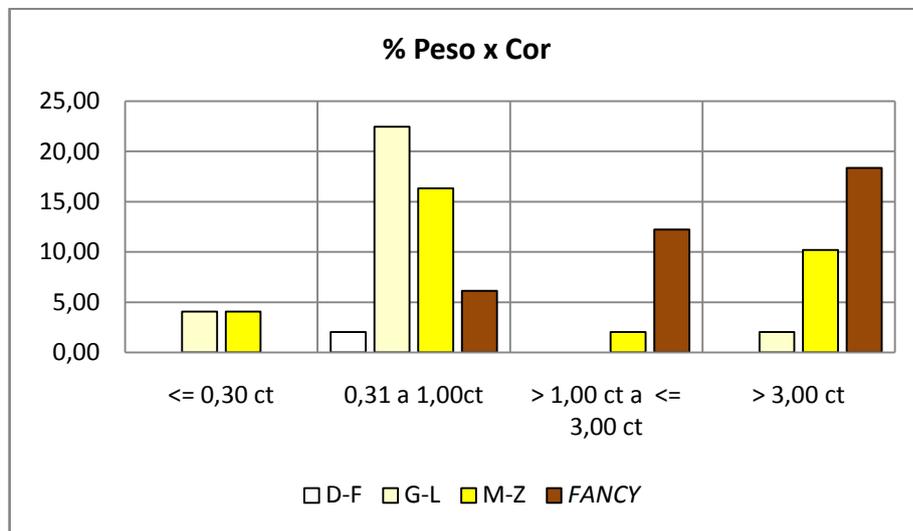
Pedras abaixo de 0,30 ct mostram cores secundárias apenas marrons para as cores de G a L e um equilíbrio das cores secundárias amarelas e marrons para as cores de M a Z. Na faixa de 0,30 a 1,0 ct predominam a cor secundária amarela em ambas as faixas de cores G-L e M-Z. Já nas faixas acima de 1,00 ct predominam pedras de cor secundária marrom para as cores M-Z e cor secundária amarela para as cores de G-L (Fig. 76).

**Tabela 17:** Percentuais por peso/total de pedras; % cores / faixa peso; % cor secundária por total de pedras com cores secundárias.

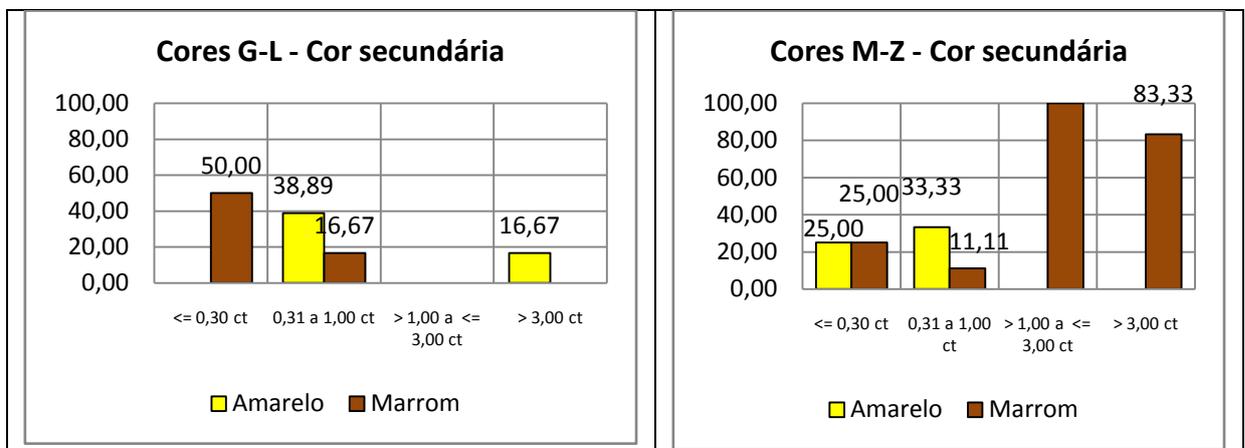
PESO	<= 0,30 ct	0,31 a 1,00ct	> 1,00 a<= 3,00 ct	> 3,00 ct
%	8,16	46,94	14,29	30,61
% CORES				
D-F	0,00	2,04	0,00	0,00
G-L	4,08	22,45	0,00	2,04
M-Z	4,08	16,33	2,04	10,20
FANCY	0,00	6,12	12,24	18,37
% Cores secundárias / total cor secundária				
Amarela G-L	0,00	38,89	0,00	16,67
M-Z	25,00	33,33	0,00	0,00
Marrom G-L	50,00	16,67	0,00	0,00
M-Z	25,00	11,11	100,00	83,33



**Figura 74:** (A) Peso dos diamantes em percentual pelo número de pedras; (B) Peso em percentual pelo peso total dos diamantes.



**Figura 75:** Peso dos diamantes em percentual pela cor da pedra.



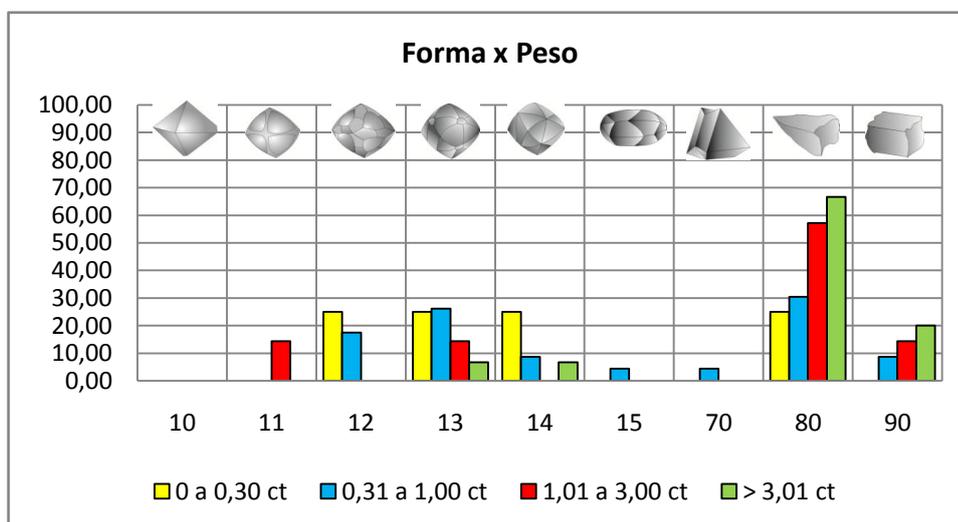
**Figura 76:** Percentuais nas faixas de peso das cores secundárias em pedras de cor G-L e M-Z.

**Tabela 18:** Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.

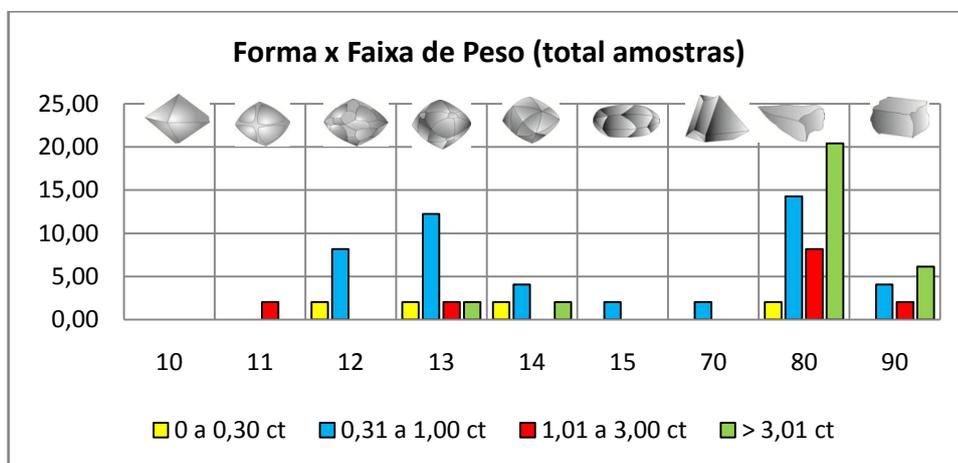
Forma / Cor								Chip	Flat
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	0,00	2,04	2,04	2,04	0,00	0,00	2,04	0,00
0,30 a 1	0,00	0,00	8,16	12,24	4,08	2,04	2,04	14,29	4,08
1-3	0,00	2,04	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	8,16	2,04
>3	0,00	0,00	0,00	2,04	2,04	0,00	0,00	20,41	6,12

**Tabela 19:** Percentuais de peso x forma cristalográfica /faixa de peso.

Forma / Cor								Chip	Flat
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	0,00	25,00	25,00	25,00	0,00	0,00	25,00	0,00
0,30 a 1	0,00	0,00	17,39	26,09	8,70	4,35	4,35	30,43	8,70
1-3	0,00	14,29	0,00	14,29	0,00	0,00	0,00	57,14	14,29
>3	0,00	0,00	0,00	6,67	6,67	0,00	0,00	66,67	20,00



**Figura 77:** Percentuais das faixas de peso x formas cristalográficas /total em cada faixa de peso.



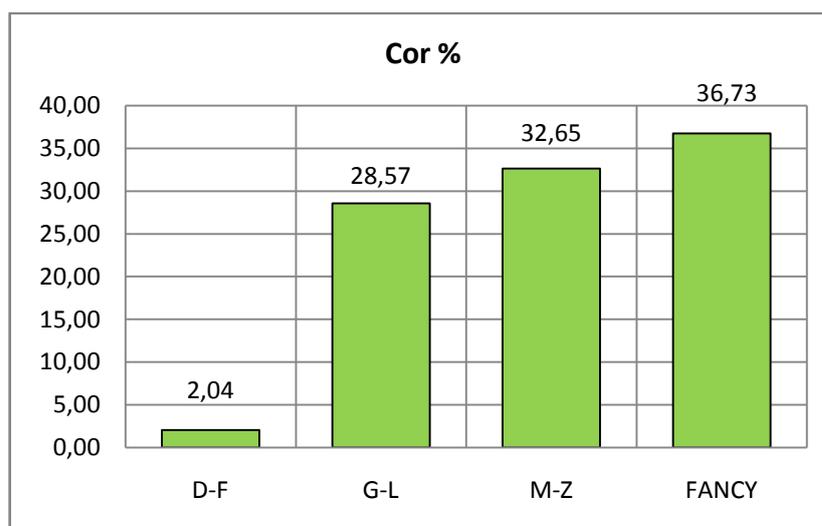
**Figura 78:** Percentuais das faixas de peso x forma cristalográfica/total de amostras.

## Cor

Nos diamantes da região das Bombas predominam as cores mais escuras (M-Z) e cores *fancies*, principalmente marrom, seguidas por cores de G a L (Tab. 20, Fig. 79). As cores G-L são mais comuns nas faixas de peso abaixo de 0,30 ct, enquanto que as cores *fancies* predominam nas faixas acima de 1 ct, seguidas por cores de M a Z (Fig. 75). A presença de pedras incolores (D-F) é muito pequena e só aconteceu na faixa de 0,30 a 1,0 ct. As cores *fancies* são em grande maioria marrons, mas com significativa presença de pedras de cor de rosa (Fig. 82).

**Tabela 20:** Percentuais de cor principal /total de amostra.

COR	D-F	G-L	M-Z	FANCY
%	2,04	28,57	32,65	36,73

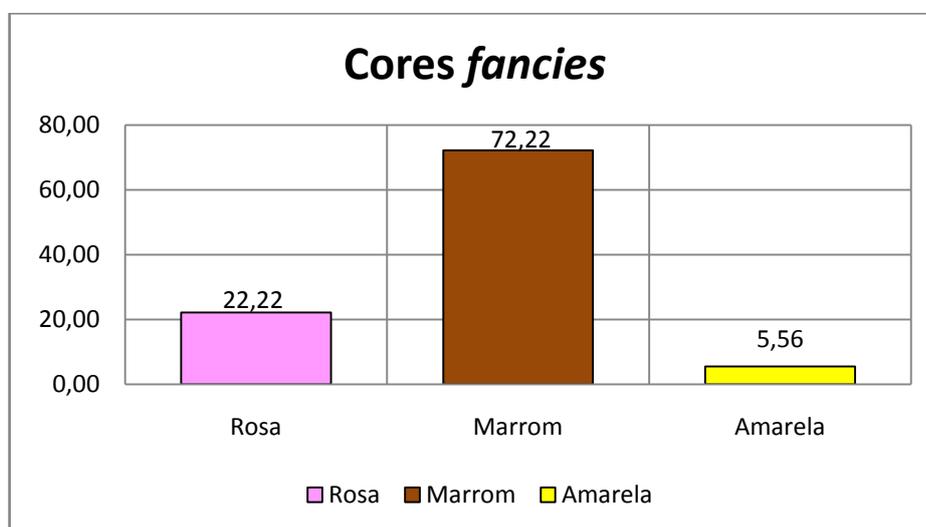
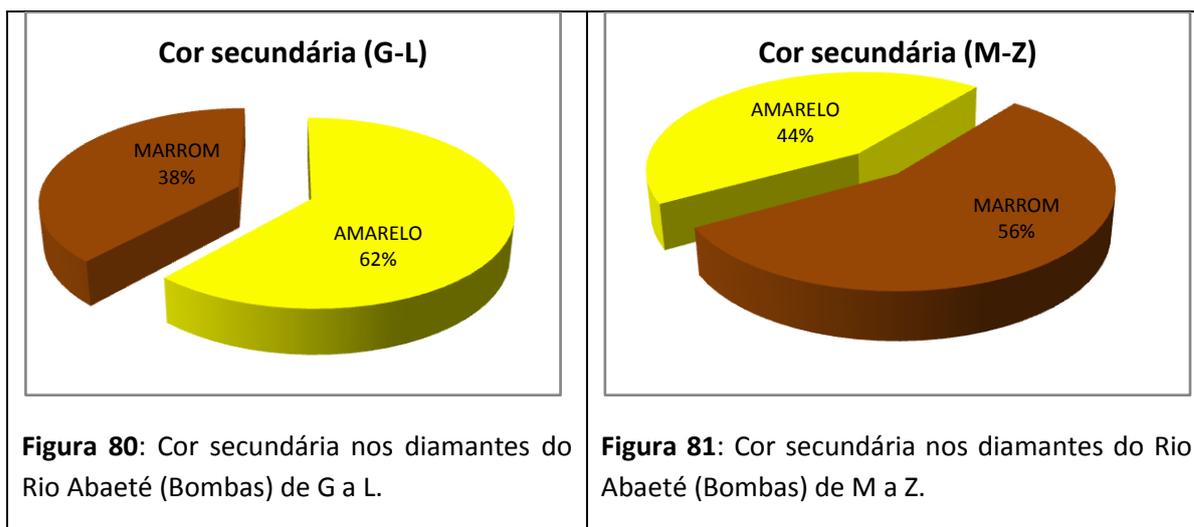


**Figura 79:** Percentuais dos diamantes em relação às cores.

Em relação às cores secundárias ocorre uma inversão, sendo predominante a cor secundária amarela nas cores de G a L, e marrons para as cores de M a Z (Tab. 21, Fig. 80, Fig.81).

**Tabela 21:** Percentuais das cores secundárias em relação à cor principal.

Cor Secundária	Amarelo		Marrom	
	G-L	M-Z	G-L	M-Z
%	61,54	43,75	38,46	56,25



**Figura 82:** Percentuais das cores *fancies*.

#### 5.2.1.2. Texturas Superficiais

##### *Morfologia*

Os diamantes da região das Bombas possuem principalmente formas octaédricas, rombododecaédricas, *chips* e *flats*. Embora não se tenha observado nenhuma forma cúbica, foi detectado nas formas *chips* e *flats*, algumas figuras (tetrágonos) pertencentes a tal forma. Nesta região predominam amplamente formas *chips* seguidas de formas rombododecaédricas (formas 12, 13 e 14 - conforme Tab. 1) e *flats* (Tab. 22, Fig. 83).

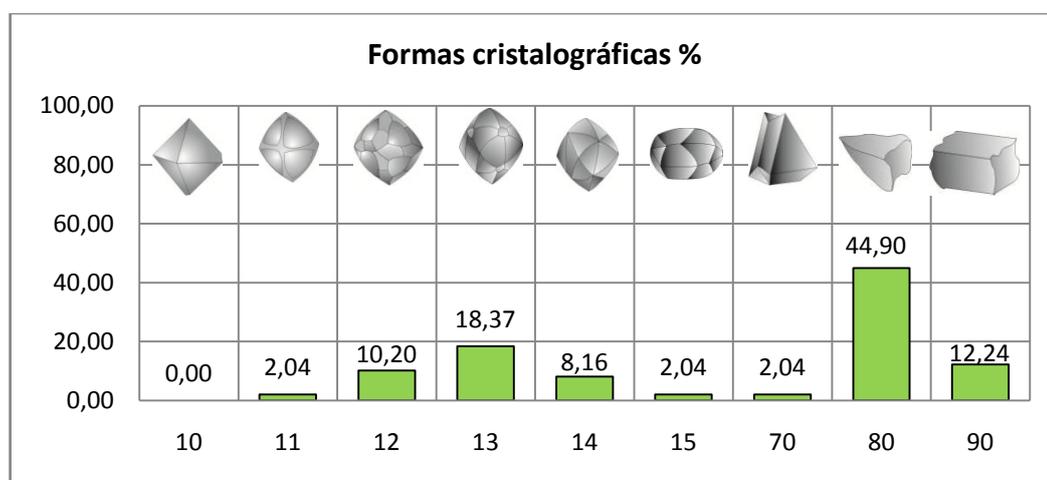
As formas octaédricas e suas descendentes são de cores mais claras predominando na forma (13) as cores de G a L. Nas formas *chips* e *flats* predominam as cores escuras, sendo principalmente cores *fancies* e cores de M a Z (Fig.84).

Nas cores *fancies* predominam formas *chips* e *flats* para as cores marrons e rosa, e forma rombododecaédrica para cor amarela (Fig. 86).

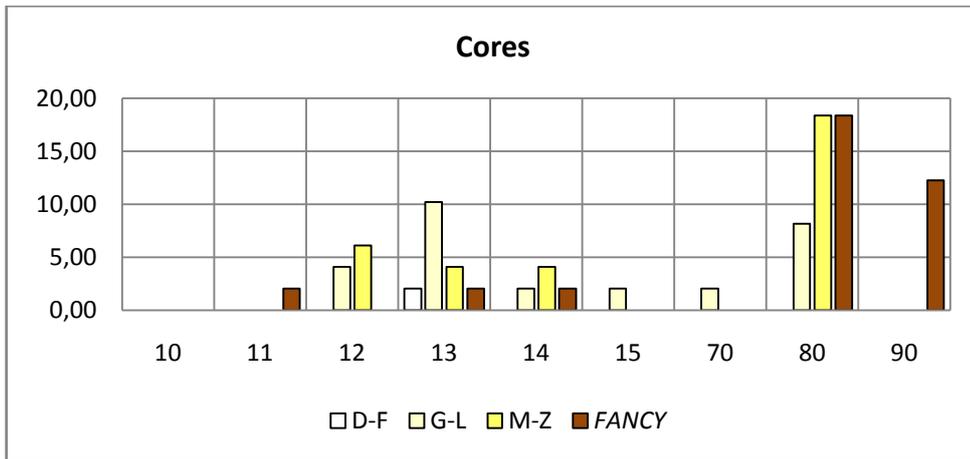
**Tabela 22:** Percentuais das formas/total de amostra; Percentuais da cores principais x formas cristalográficas /total de amostras e percentuais das cores de interferência x formas/total da forma.

Forma / Cor								<i>Chip</i> 	<i>Flat</i> 
FORMA N°	10	11	12	13	14	15	70	80	90
Amostras N=49	0	1	5	9	4	1	1	22	6
%	0,00	2,04	10,20	18,37	8,16	2,04	2,04	44,90	12,24
D-F	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G-L	0,00	0,00	4,08	10,20	2,04	2,04	2,04	8,16	0,00
M-Z	0,00	2,04	6,12	4,08	4,08	0,00	0,00	18,37	0,00
<i>Fancy</i>	0,00	2,04	0,00	2,04	2,04	0,00	0,00	18,37	12,24

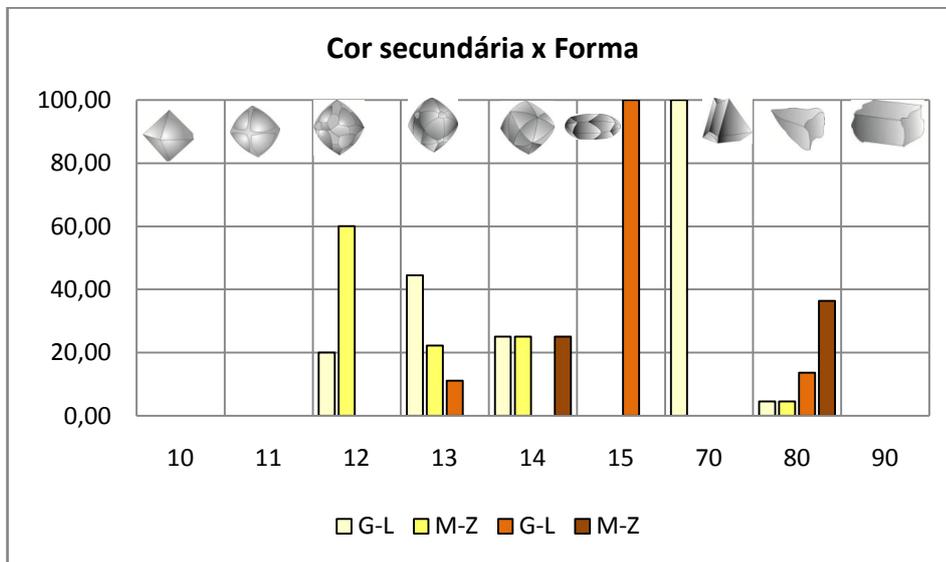
Cor Marrom	G-L	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00	100,00	0,00	13,64	0,00
	M-Z	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	36,36	0,00
Cor Amarelo	G-L	0,00	0,00	20,00	44,44	25,00	0,00	100,00	4,55	0,00
	M-Z	0,00	0,00	60,00	22,22	25,00	0,00	0,00	4,55	0,00



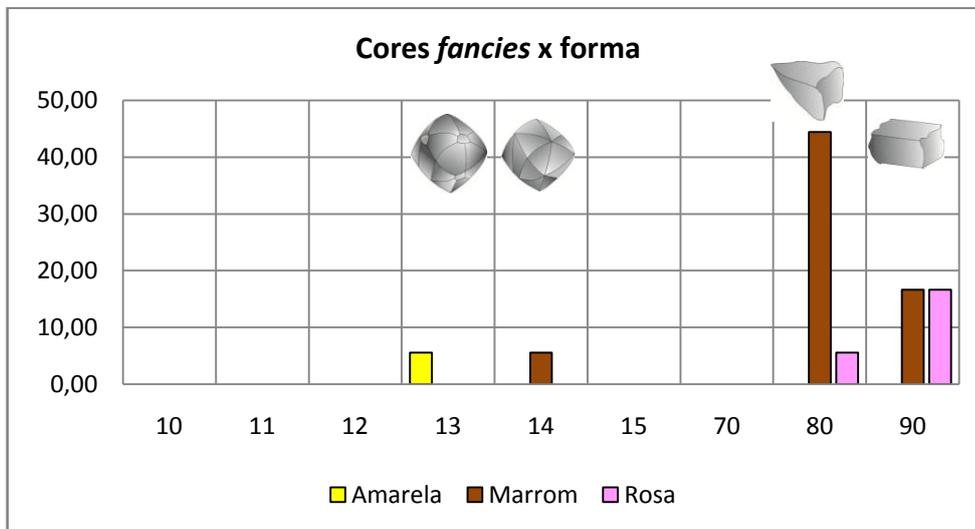
**Figura 83:** Percentuais das formas cristalográficas.



**Figura 84:** Percentuais de cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).



**Figura 85:** Percentuais das cores x cores secundárias em relação às formas cristalográficas (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, as outras duas marrons).



**Figura 86:** Percentuais das cores *fancies* pela forma cristalográfica (conforme Fig.3).

## Manchas

Não foi observada nenhuma mancha neste lote.

## Figuras Superficiais

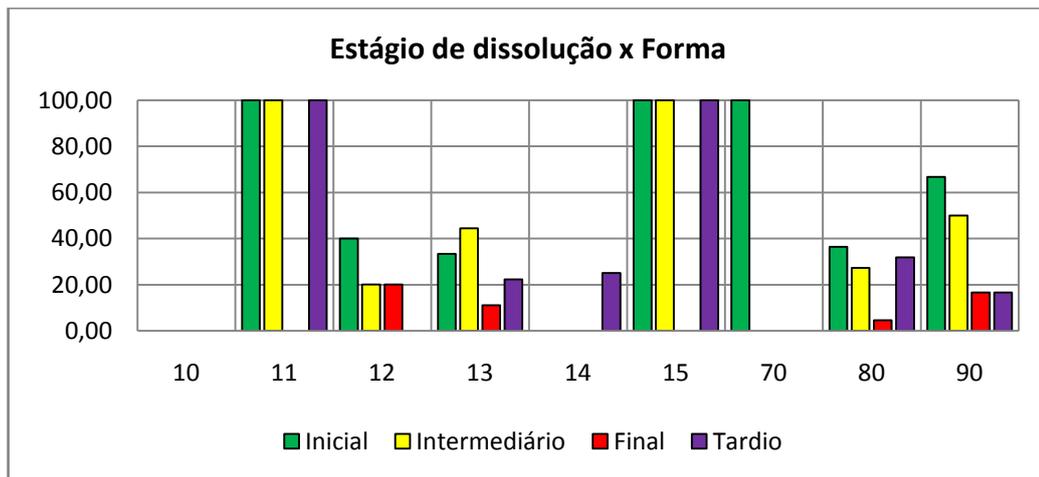
As figuras superficiais de dissolução e de evento tardio, como trígonos, hexágonos, tetrágonos, *hillocks*, clivagem secundária, buracos e *frosting* são predominantes nas formas *chips*, mas também podem ser observadas nas formas *flats* (Tab. 23). Nas demais formas, a forma 13 pôde também ser evidenciada, embora em menor percentual destas figuras.

As pedras de 0,30 a 1,00 ct são as que mais mostram estas figuras. As pedras acima de 3,00 ct mostram figuras de dissolução inicial, mas não é representada por *tetragons* (forma cúbica) e têm percentual relativo de *frosting* mais expressivo (Fig. 88). As figuras quando comparadas por forma são mais evidenciadas na forma *chip* (Fig. 90).

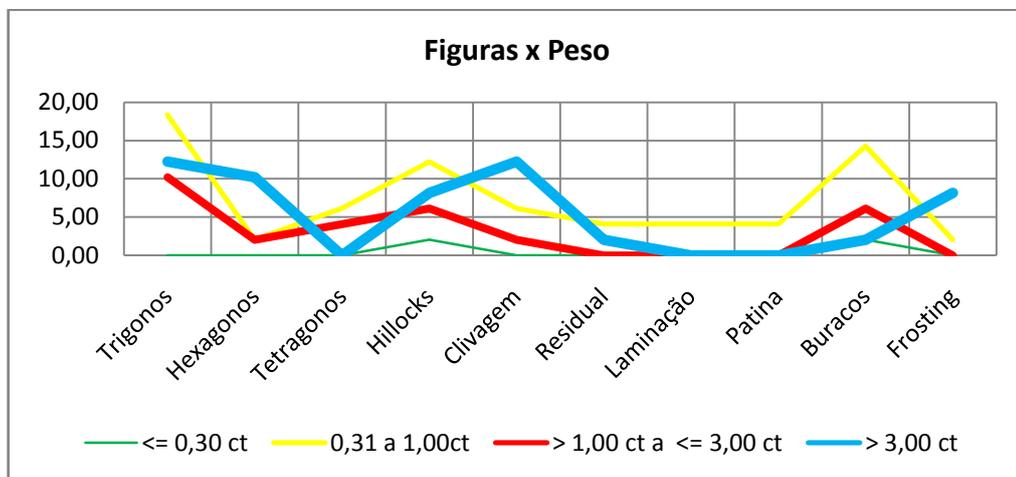
O resultado final verificado no conjunto do lote da região das Bombas é a alta representação dos estágios iniciais e intermediários (Fig. 87), sendo que o estilo do gráfico da sequência de evolução das figuras mostra uma curva descendente nesta evolução (Fig.88).

**Tabela 23:** Figuras superficiais – figuras de dissolução no estágio inicial (trígonos), intermediário (*hillocks*, clivagem secundária), final (*hillocks* residuais, linhas de laminação) e figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e *frosting*).

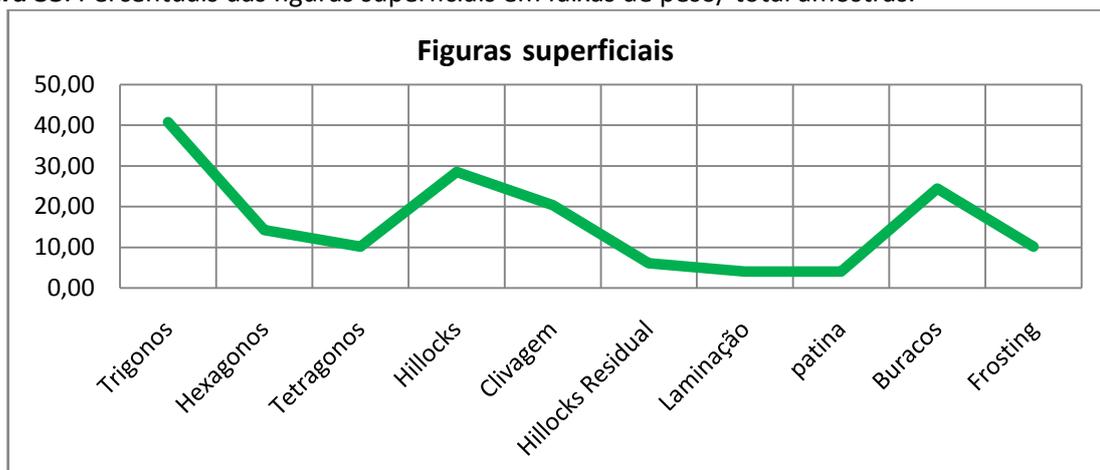
Forma x Figura								<i>Chip</i> 	<i>Flat</i> 
<b>Figuras de estágio inicial de dissolução</b>									
Trígonos	0,00	2,04	4,08	6,12	0,00	2,04	2,04	16,33	8,16
Hexágonos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	10,20	2,04
Tetragonos	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	6,12	2,04
<b>Figuras de estágio intermediário</b>									
<i>Hillocks</i>	0,00	2,04	2,04	8,16	0,00	0,00	0,00	12,24	4,08
Clivagem secundária	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	12,24	6,12
<b>Figuras de estágio final de dissolução</b>									
<i>Hillocks</i> residuais	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	2,04	2,04
Linhas de Laminação	0,00	0,00	2,04	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Texturas de estágio tardio</b>									
Buracos	0,00	2,04	0,00	4,08	0,00	2,04	0,00	14,29	2,04
Pátina	0,00	0,00	0,00	2,04	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Frosting</i>	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	6,12	2,04



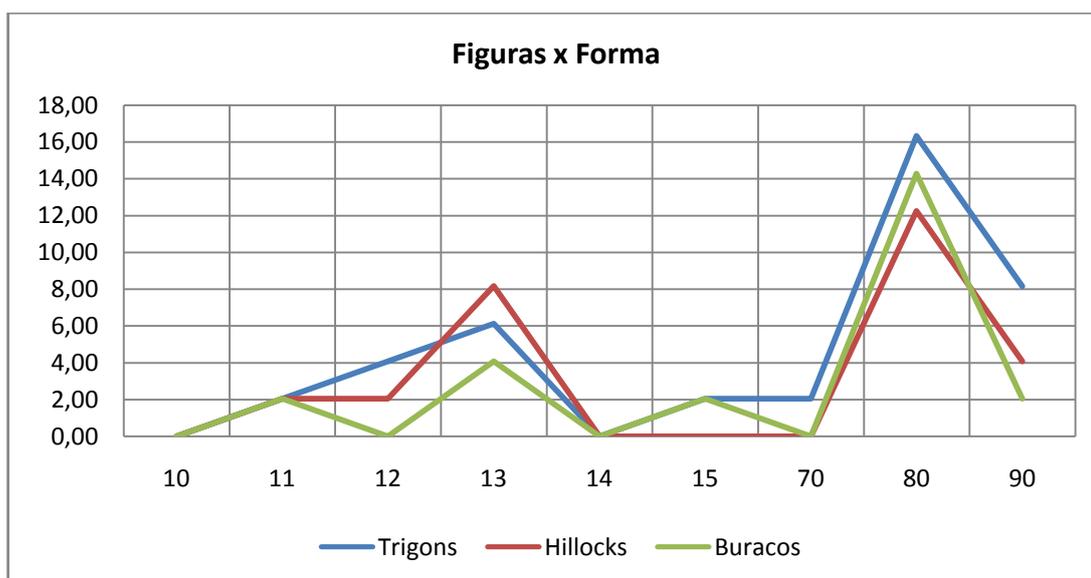
**Figura 87:** Percentuais das figuras em cada estágio (máximo de figuras de dissolução por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica.



**Figura 88:** Percentuais das figuras superficiais em faixas de peso/ total amostras.



**Figura 89:** Percentuais das figuras superficiais pelo total de amostras.



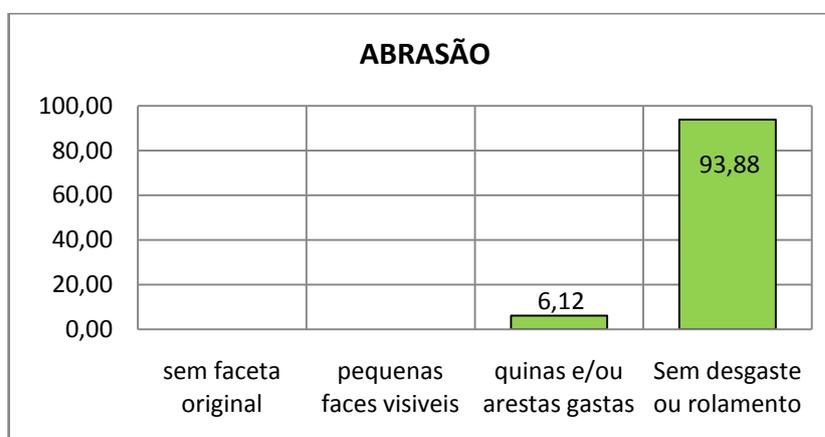
**Figura 90:** Percentuais das figuras superficiais distribuídas pela forma.

### Abrasão

As pedras da região das Bombas praticamente não apresentam sinais de rolamento ou desgaste; apenas 6,12% mostram quinas e arestas gastas e estas pedras são todas de tamanhos inferiores a 0,80 ct (Tab. 24, Fig.91).

**Tabela 24:** Percentuais de pedras com abrasão.

	Quantidade	%
Sem faceta original	0	0,00
Pequenas facetas visíveis	0	0,00
Quinas e arestas gastas	3	6,12
Sem sinal de rolamento e desgaste	46	93,88



**Figura 91:** Percentuais de abrasão da região das Bombas.

## 5.2.2. Localidade Fortaleza

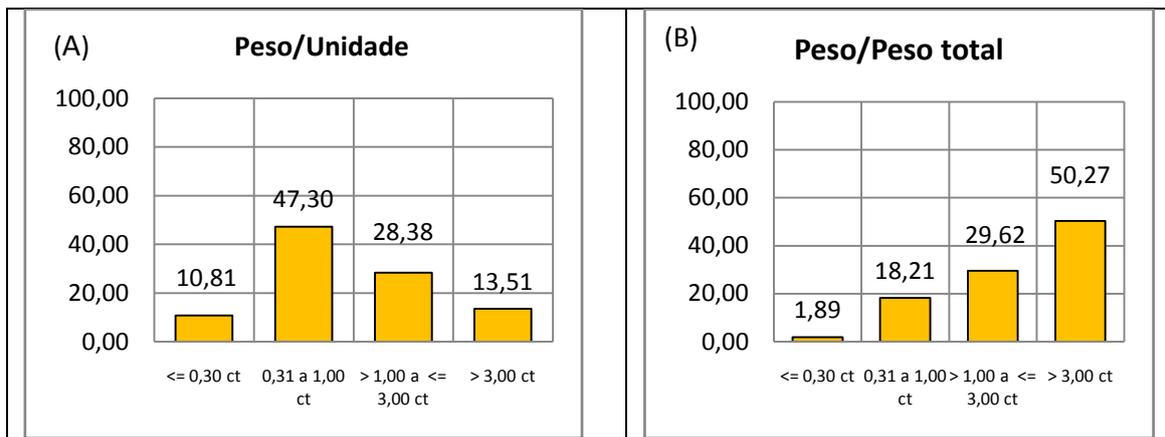
### 5.2.2.1. Classificação Gemológica

#### Peso

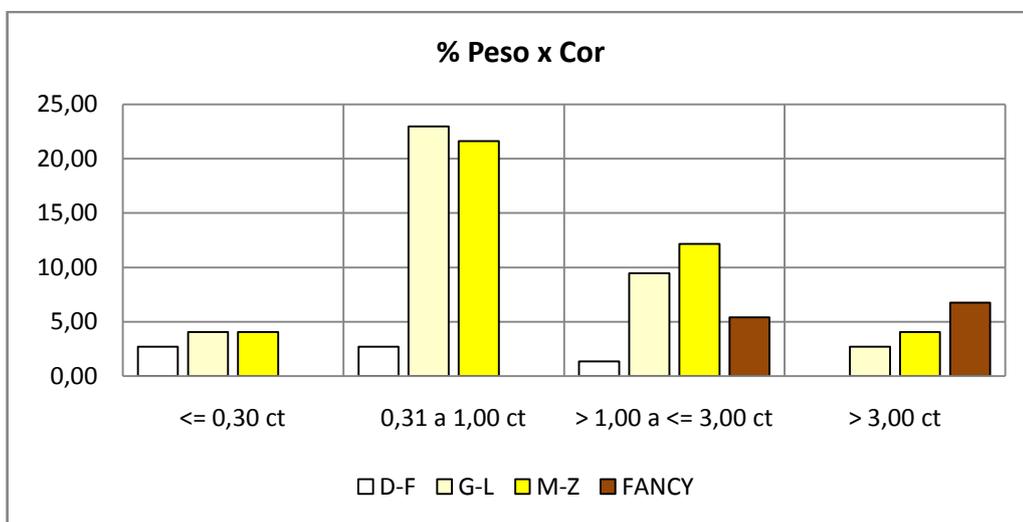
Na região da Fortaleza, predominam diamantes na faixa de peso entre 0,30 a 1,00 ct, seguidos de pedras entre 1,00 a 3,00 ct. As pedras menores que 0,30 ct possuem o menor índice, mas representativo (Tab. 25, Fig. 92). O processo utilizado na planta de tratamento da mina não tem como objetivo coletar a faixa de peso menor, uma vez que esta aumenta o custo do processo e o resultado não é satisfatório (comunicação oral dono do empreendimento). Nas pedras da faixa entre 0,30 a 1,00 ct predominam amplamente as formas octaédricas e suas descendentes. Já as pedras acima de 3,00 ct são mais representativas nas formas *chip* e *flat* (Fig. 95, Fig. 96). Na figura 81b, observa-se que a faixa peso das pedras acima de 3,00 cts chega a 50% em relação ao peso total. As pedras entre 1,00 e 3,00 ct mostram-se mais bem distribuídas entre as formas em geral.

**Tabela 25:** Percentual nas faixas de peso; % das cores com peso e cores secundárias nas faixas de peso das cores G-L e M-Z.

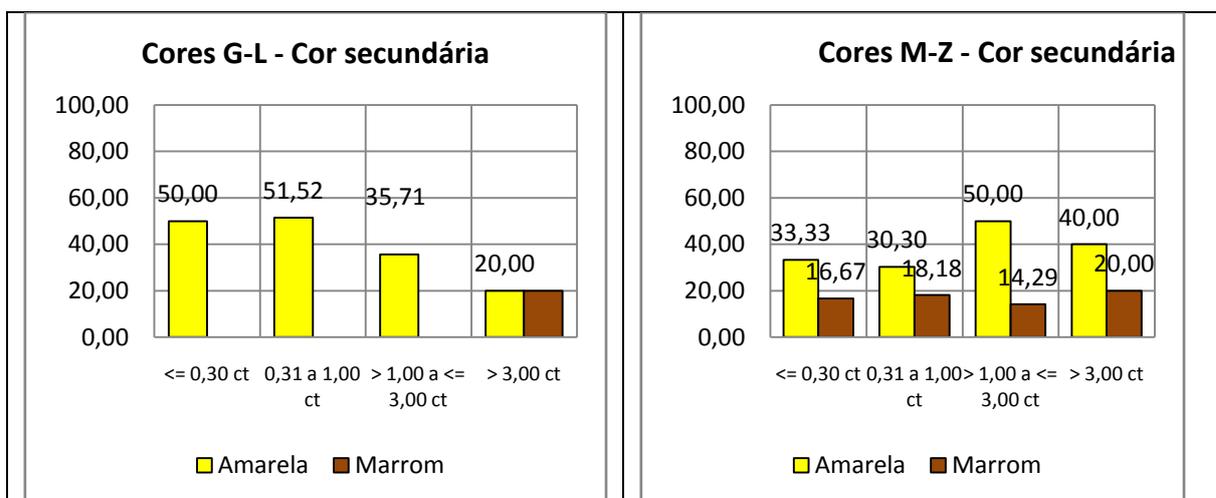
PESO	<= 0,30 ct	0,31 a 1,00ct	> 1,00 a<= 3,00 ct	> 3,00 ct
%	10,81	47,30	28,38	13,51
% CORES				
D-F	2,70	2,70	1,35	0,00
G-L	4,05	22,97	9,46	2,70
M-Z	4,05	21,62	12,16	4,05
FANCY	0,00	0,00	5,41	6,76
% Cores secundárias/total cores secundárias				
Amarela G-L	50,00	51,52	35,71	20,00
M-Z	33,33	30,30	50,00	40,00
Marrom G-L	0,00	0,00	0,00	20,00
M-Z	20,00	40,00	20,00	20,00



**Figura 92:** Percentuais de peso dos diamantes pelo número de pedras (esquerda) e percentuais de peso pelo peso total dos diamantes (direita).



**Figura 93:** Percentuais de peso dos diamantes pela faixa de cor da pedra.



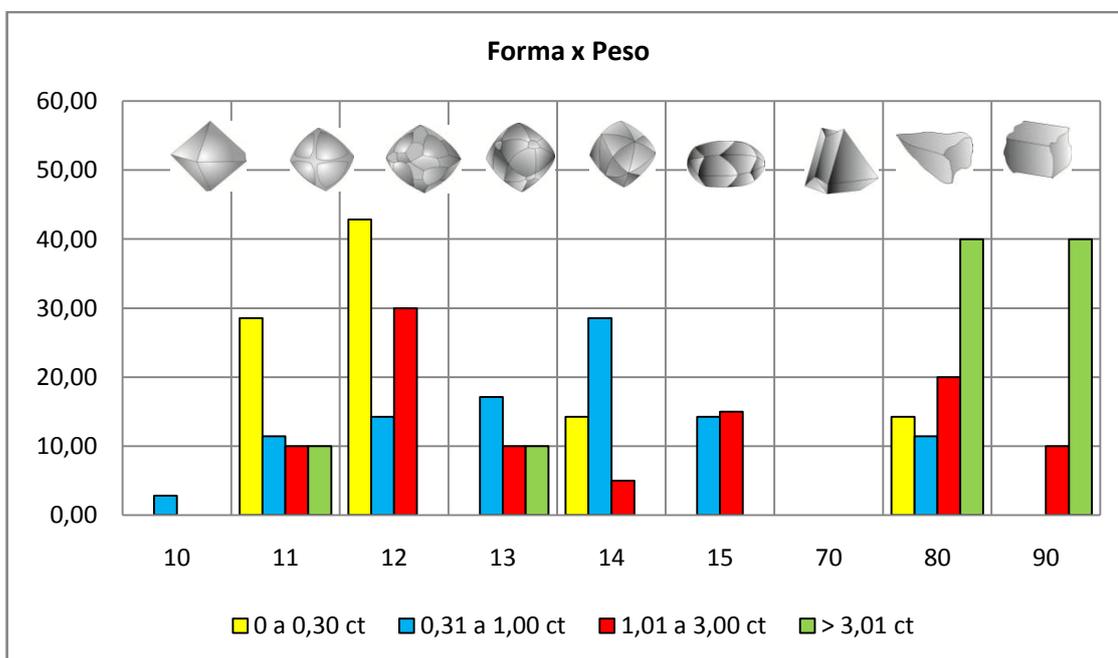
**Figura 94:** Percentuais das cores secundárias nas faixas de peso, para pedras de cor G-L e M-Z.

**Tabela 26:** Percentuais de peso x forma cristalográfica / total de amostras.

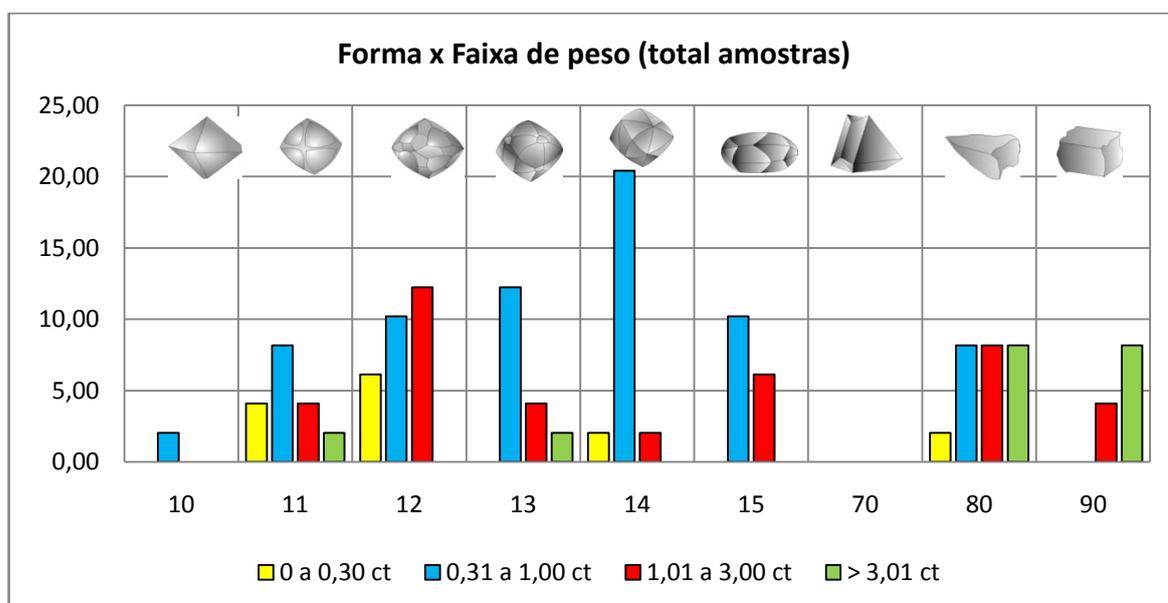
Forma / Cor								<i>Chip</i> 	<i>Flat</i> 
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	4,08	6,12	0,00	2,04	0,00	0,00	2,04	0,00
0,30 a 1	2,04	8,16	10,20	12,24	20,41	10,20	0,00	8,16	0,00
1-3	0,00	4,08	12,24	4,08	2,04	6,12	0,00	8,16	4,08
>3	0,00	2,04	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	8,16	8,16

**Tabela 27:** Percentuais de peso x forma cristalográfica /faixa de peso.

Forma / Cor								<i>Chip</i> 	<i>Flat</i> 
Forma	10	11	12	13	14	15	70	80	90
0 a 0,30	0,00	28,57	42,86	0,00	14,29	0,00	0,00	14,29	0,00
0,30 a 1	2,86	11,43	14,29	17,14	28,57	14,29	0,00	11,43	0,00
1-3	0,00	10,00	30,00	10,00	5,00	15,00	0,00	20,00	10,00
>3	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00



**Figura 95:** Percentuais das formas cristalográficas X faixa de peso (total de cada faixa de peso).



**Figura 96:** Percentuais da forma cristalográfica X faixa de peso (total de amostras).

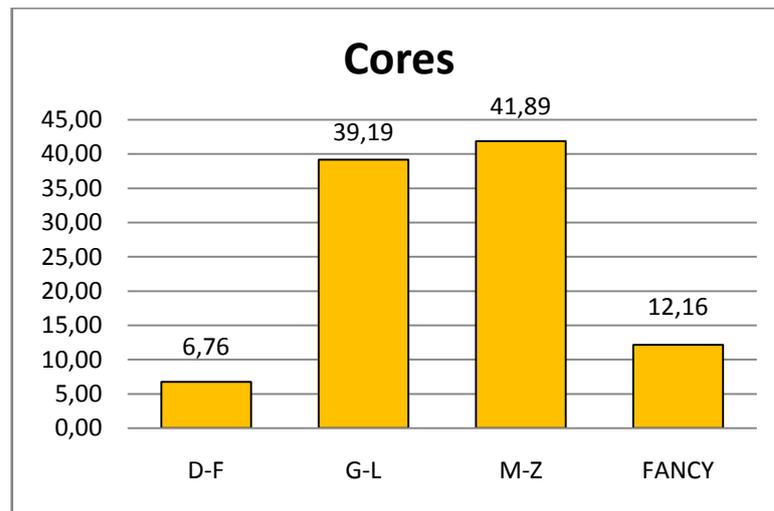
### Cor

A variação de cor dos diamantes da região da Fortaleza é pequena. As faixas de percentuais de cores de G-L e M-Z são bem próximas, ambas em torno de 40 %. As amostras incolores (D-F) embora sejam as de menor percentual, são bem representativas (Tab. 28). As pedras *fancies* perfazem cerca de 12% e somente foram detectadas em pedras acima de 1,00 ct. Na faixa acima de 3,00 ct as amostras *fancies* são aparentemente predominantes (Fig. 97, Fig. 98).

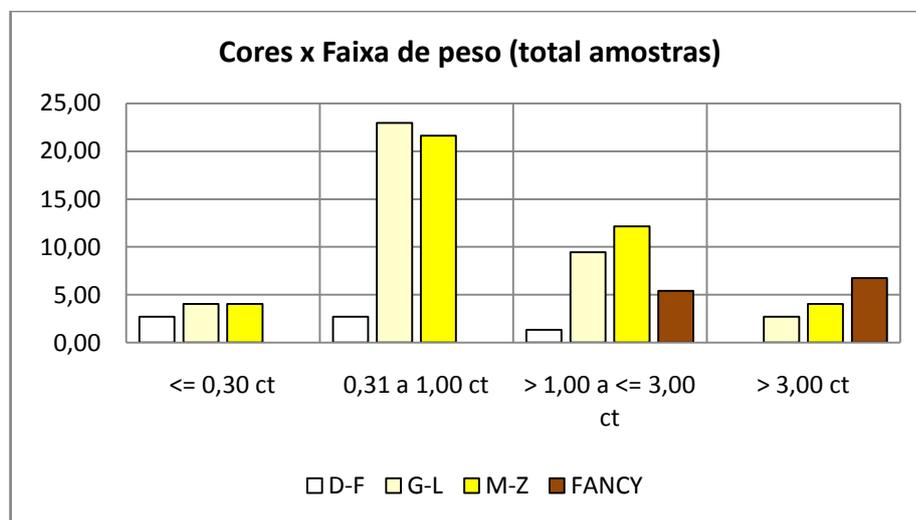
Em relação às cores secundárias, em ambas as cores G-L e M-Z o amarelo predomina. Nas cores de G a L, quase a totalidade das pedras possui cor secundária amarela (Tab. 29, Fig. 99). Já nas cores de M a Z, ainda que o amarelo predomine, a cor secundária marrom também é representativa (Fig. 100, Fig. 94).

**Tabela 28:** Percentuais de cor principal /total de amostra.

COR	D-F	G-L	M-Z	FANCY
%	6,76	39,19	41,89	12,16



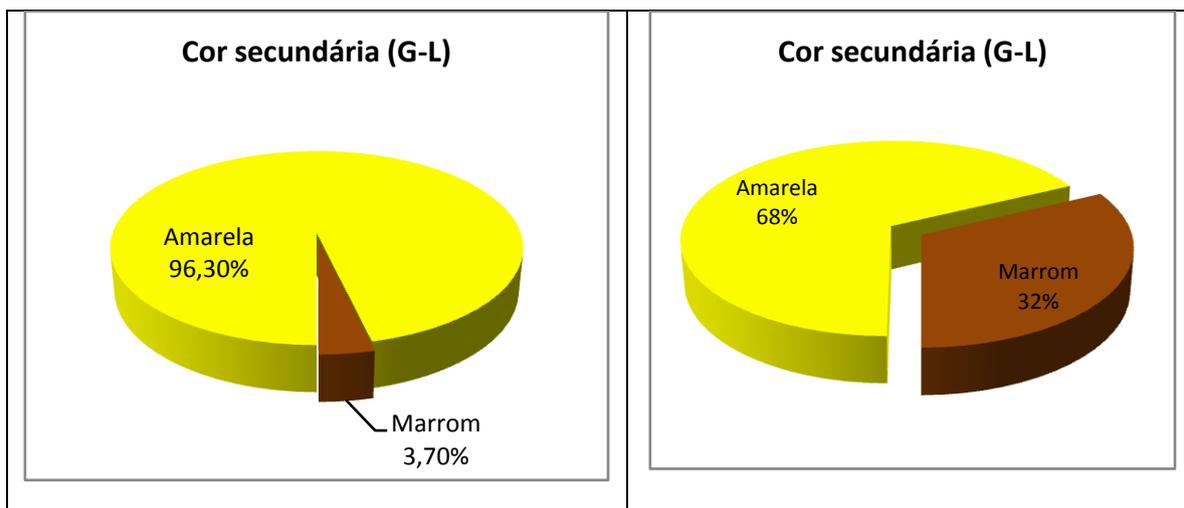
**Figura 97:** Percentuais dos diamantes em relação às cores.



**Figura 98:** Percentuais dos diamantes em relação às cores por faixa de peso.

**Tabela 29:** Percentuais de cores secundárias em relação à cor principal.

Cor Secundária	Amarelo		Marrom	
	G-L	M-Z	G-L	M-Z
%	96,30	67,74	3,70	32,26



**Figura 99:** Cores secundárias dos diamantes da Fortaleza das cores G-L.

**Figura 100:** Cores secundárias dos diamantes da Fortaleza das cores M-Z.

5.2.2.2. Texturas Superficiais

*Morfologia*

As formas cristalográficas nos diamantes da região da Fortaleza estão homogeneamente distribuídas, embora sejam mais representadas pelas formas octaédricas e suas descendentes (Tab. 30, Fig. 101, Fig. 102). As formas *chip* e *flat* são as maiores representantes das cores *fancies* (Fig. 102).

**Tabela 30:** Percentuais das formas/total de amostra; percentuais das cores principais x formas cristalográficas /total de amostras; percentuais das cores de interferência x formas/total de amostra.

Forma / Cor								<i>Chip</i>	<i>Flat</i>
FORMA N°	10	11	12	13	14	15	70	80	90
Amostras N=74	1	9	14	9	12	8	0	13	6
%	1,39	12,50	19,44	12,50	16,67	11,11	0,00	18,06	8,33

D-F	0,00	1,39	1,39	1,39	0,00	1,39	0,00	1,39	0,00
G-L	0,00	2,78	9,72	6,94	11,11	4,17	0,00	2,78	1,39
M-Z	1,39	8,33	6,94	4,17	5,56	5,56	0,00	8,33	1,39
<i>Fancy</i>	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	5,56	5,56

Cor Marrom	G-L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67
	M-Z	0,00	22,22	14,29	0,00	8,33	0,00	0,00	38,46	0,00
Cor Amarelo	G-L	0,00	22,22	42,86	44,44	66,67	37,50	0,00	15,38	0,00
	M-Z	100,00	44,44	21,43	33,33	25,00	50,00	0,00	7,69	16,67

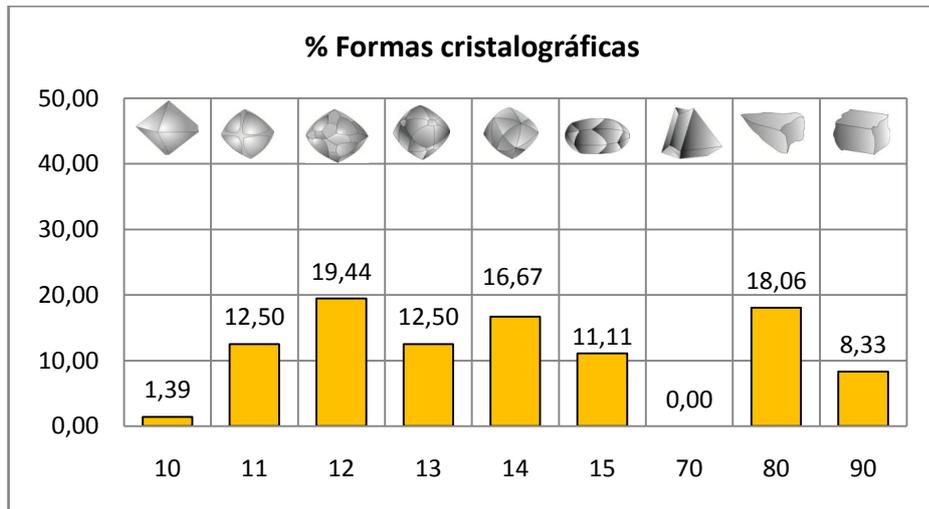


Figura 101: Percentuais das formas cristalográficas.

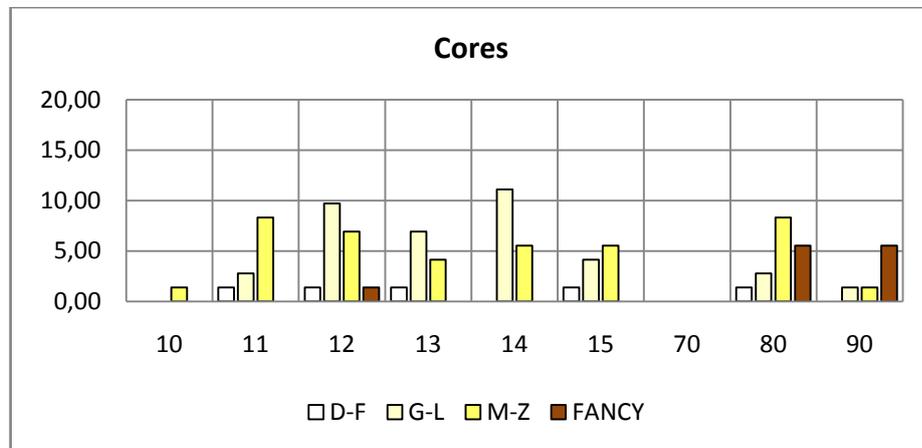


Figura 102: Cores x formas cristalográficas (conforme Tab. 1).

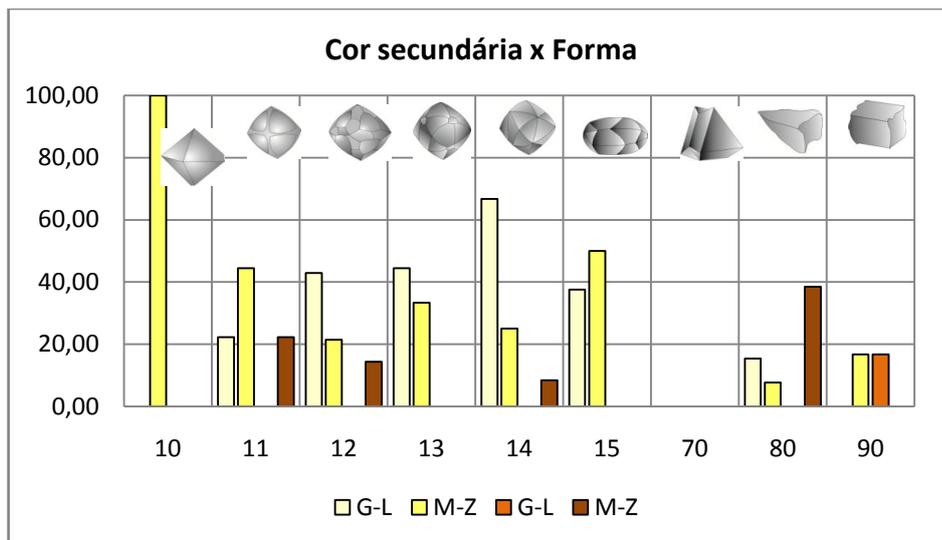


Figura 103: Percentuais das cores secundárias por formas cristalográficas nas cores G-L e M-Z (as barras amarelo claro e ouro são representações da cor secundária amarela, e as outras duas da marrom).

## Manchas

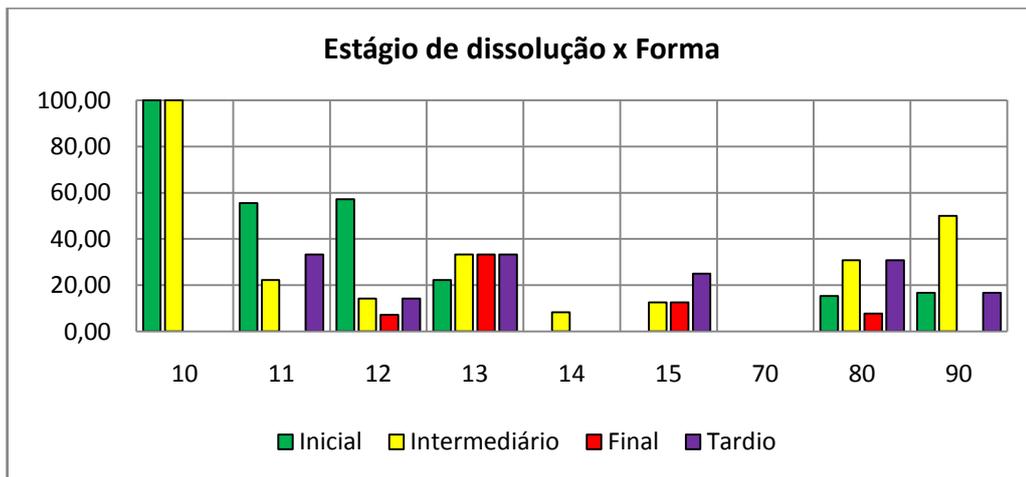
No estudo as manchas somente foram observadas em uma única amostra. Porém na pesquisa realizada por Benitez (2009), elas perfazem 1,4% das amostras, sendo todas de cor verde.

## Figuras Superficiais

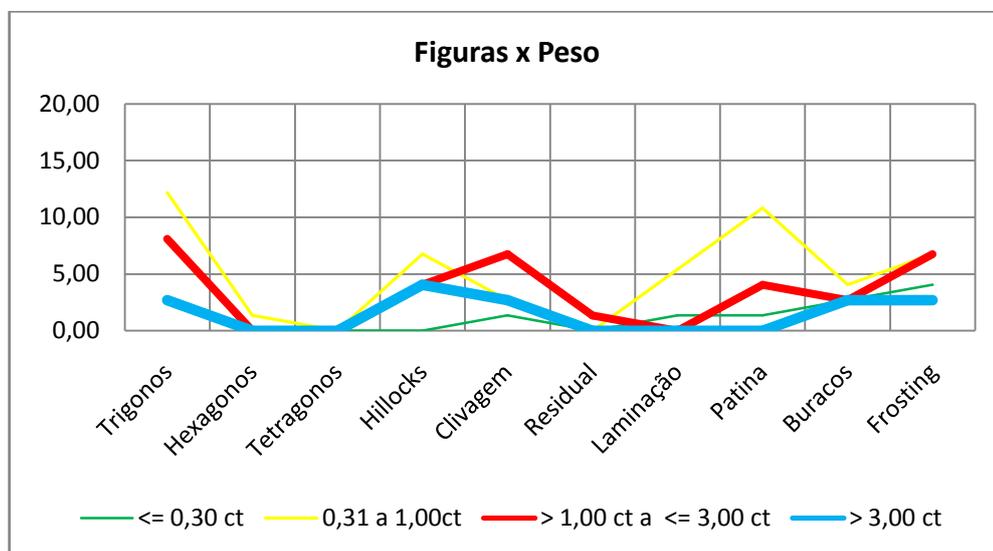
As figuras superficiais nos diamantes da Fortaleza estão distribuídas de forma homogênea, porém em baixos percentuais (Tab. 31, Fig. 105, Fig. 107, Fig. 108). Não se destaca nenhuma forma com incremento destas figuras. Pode-se observar que as pedras de 0,30 a 1,00 ct mostram pequeno incremento em relação às demais faixas (Fig. 105).

**Tabela 31:** Figuras superficiais – figuras de dissolução no estágio inicial (*trigonos*), intermediário (*hillocks*, clivagem secundária), final (*hillocks* residuais, linhas de laminação) e figuras superficiais no estágio tardio (buracos, pátina e *frosting*).

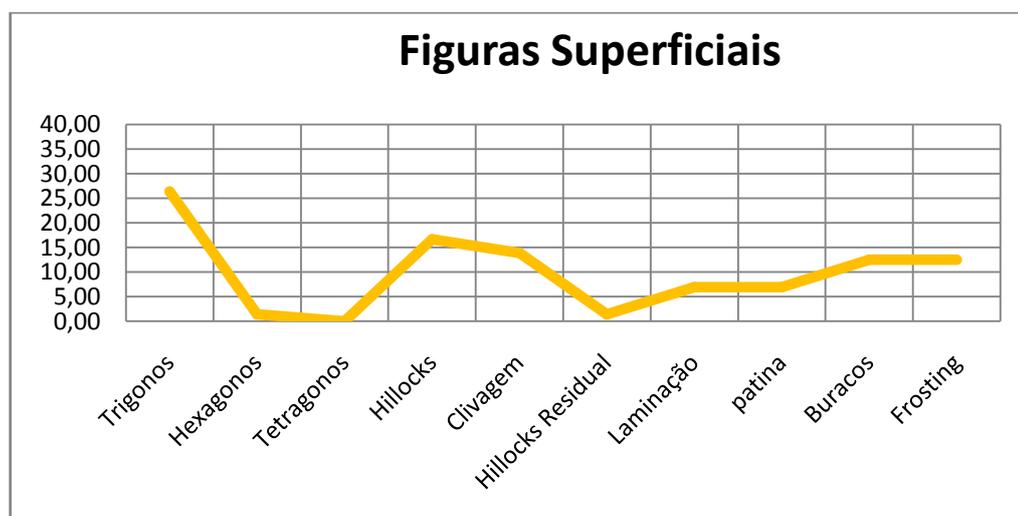
Forma x Figura								<i>Chip</i>	<i>Flat</i>
Figuras de estágio inicial de dissolução									
<i>Trigonos</i>	1,39	6,94	11,11	2,78	0,00	0,00	0,00	2,78	1,39
<i>Hexagonos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00
Figuras de estágio intermediário									
<i>Hillocks</i>	1,39	0,00	1,39	4,17	1,39	1,39	0,00	5,56	1,39
Clivagem secundária	0,00	2,78	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17	4,17
Figuras de estágio final de dissolução									
<i>Hillocks</i> residuais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00
Linhas de Laminação	0,00	0,00	1,39	4,17	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00
Texturas de estágio tardio									
Buracos	0,00	4,17	2,78	1,39	0,00	1,39	0,00	1,39	1,39
Pátina	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	2,78	0,00	0,00	0,00
<i>Frosting</i>	0,00	1,39	0,00	1,39	0,00	2,78	0,00	5,56	1,39



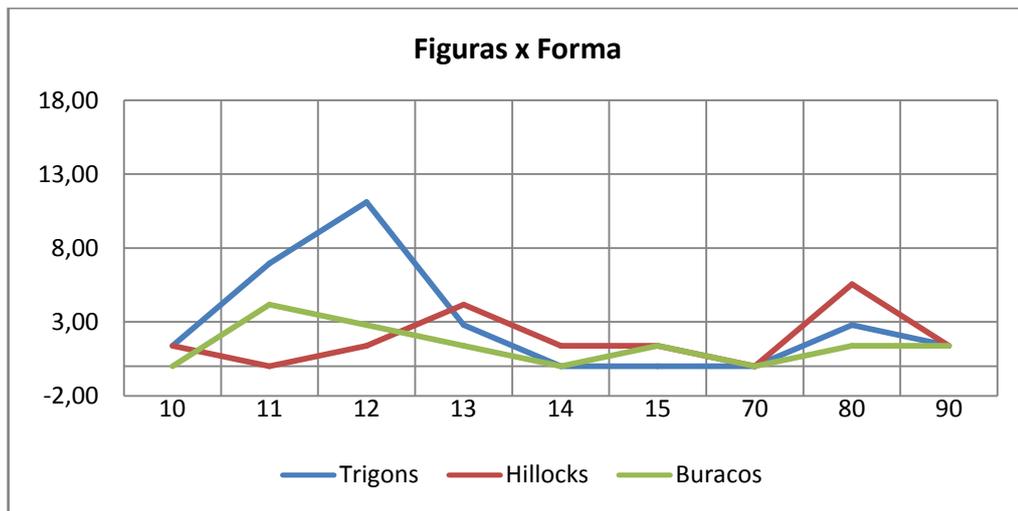
**Figura 104:** Percentuais das figuras em cada estágio (máximo de figuras de dissolução por estágio) pela forma cristalográfica em relação ao total de cada forma cristalográfica.



**Figura 105:** Percentuais de figuras superficiais em faixas de peso /total amostras.



**Figura 106:** Percentuais das figuras superficiais pelo total amostra.



**Figura 107:** Percentuais de figuras superficiais por forma cristalográfica.

### Abrasão

As pedras da região da Fortaleza em quase sua totalidade não apresentam sinal de rolamento ou desgaste. Uma única amostra apresentou abrasão e neste caso todas as suas facetas foram afetadas, não podendo inclusive definir a forma cristalográfica (Tab. 32, Fig.108)

**Tabela 32:** Percentuais de pedras com abrasão.

	Quantidade	%
Sem faceta original	1	1,35
Pequenas facetas visíveis	0	0,00
Quinas e arestas gastas	0	0,00
Sem sinal de rolamento e desgaste	73	98,65



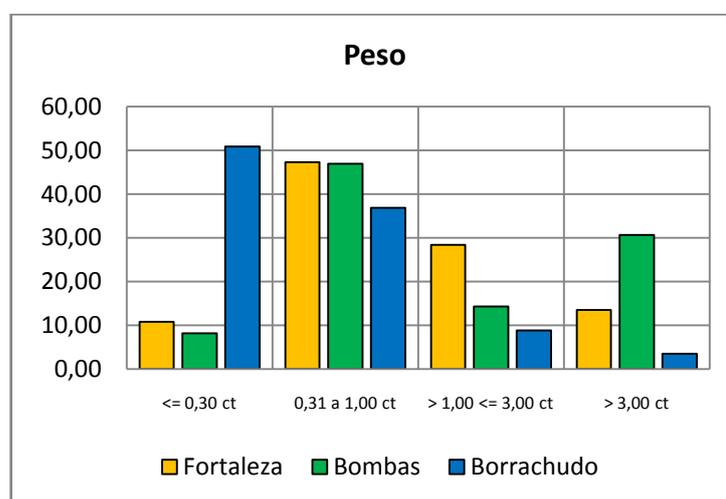
**Figura 108:** Percentuais de abrasão diamantes da Fortaleza.

### 5.3. COMPARAÇÃO DOS DADOS RIO BORRACHUDO x RIO ABAETÉ

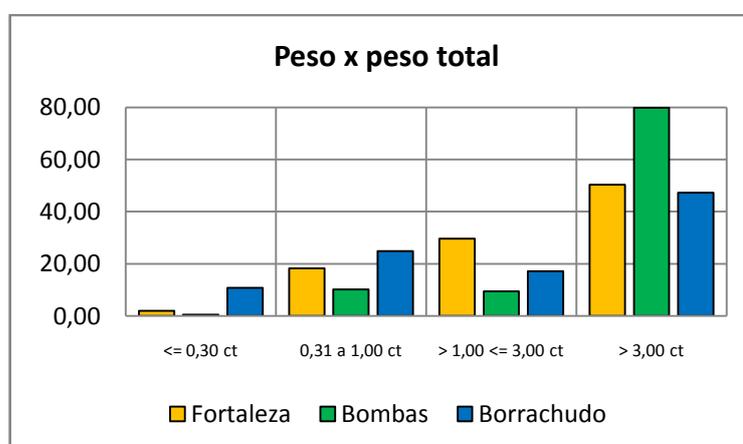
#### 5.3.1. Classificação Gemológica

##### Peso

Os diamantes analisados mostram diferenças significativas entre as regiões envolvidas. A região da Fortaleza, no Rio Abaeté, possui um peso diferenciado principalmente quando compara-se com as pedras das faixas de 1,00 a 3,00 ct, embora predominem pedras na faixa de 0,31 a 1,00 ct. A região das Bombas mostra diferenciação na faixa acima de 3,00 ct e os diamantes do Rio Borrachudo se diferenciam por pedras menores que 0,30 ct (Fig. 109). Quando comparados o peso x peso total, fica mais evidente as diferenças por região (Fig. 110).



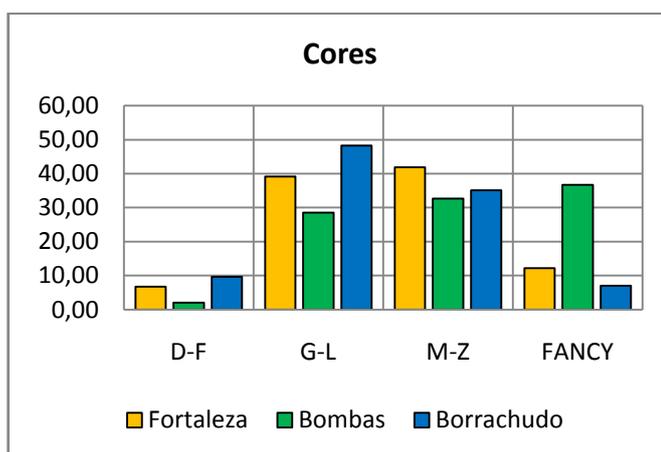
**Figura 109:** Comparação do percentual de peso / total de amostras nas três áreas: Fortaleza, Bombas e Borrachudo.



**Figura 110:** Comparação do percentual do peso, pelo peso total nas três áreas: Fortaleza, Bombas e Borrachudo.

## Cor

As cores nas três regiões também mostram diferenças significativas. Na região da Fortaleza, as pedras têm cores mais bem distribuídas tanto em relação às cores mais claras, como às cores mais escuras. A região das Bombas se diferencia por alto índice de pedras escuras e *fancies*. Na região do Borrachudo as pedras são mais claras e com baixo índice de pedras *fancies* (Fig. 111).

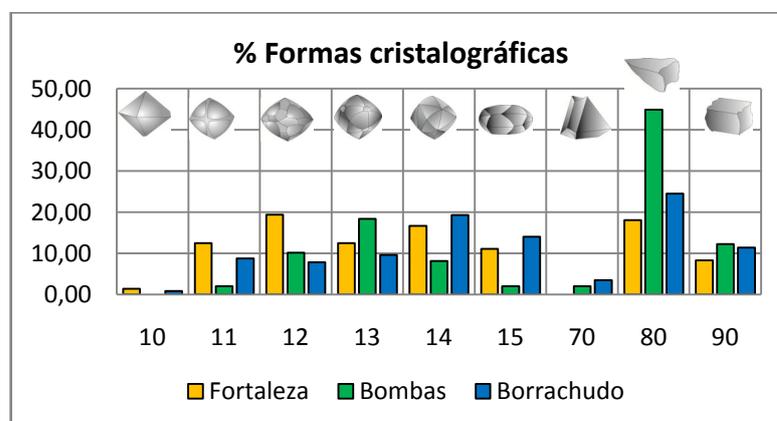


**Figura 111:** Comparação do percentual das cores nas regiões da Fortaleza, Bombas e Borrachudo.

### 5.3.1. Texturas Superficiais

#### Morfologia

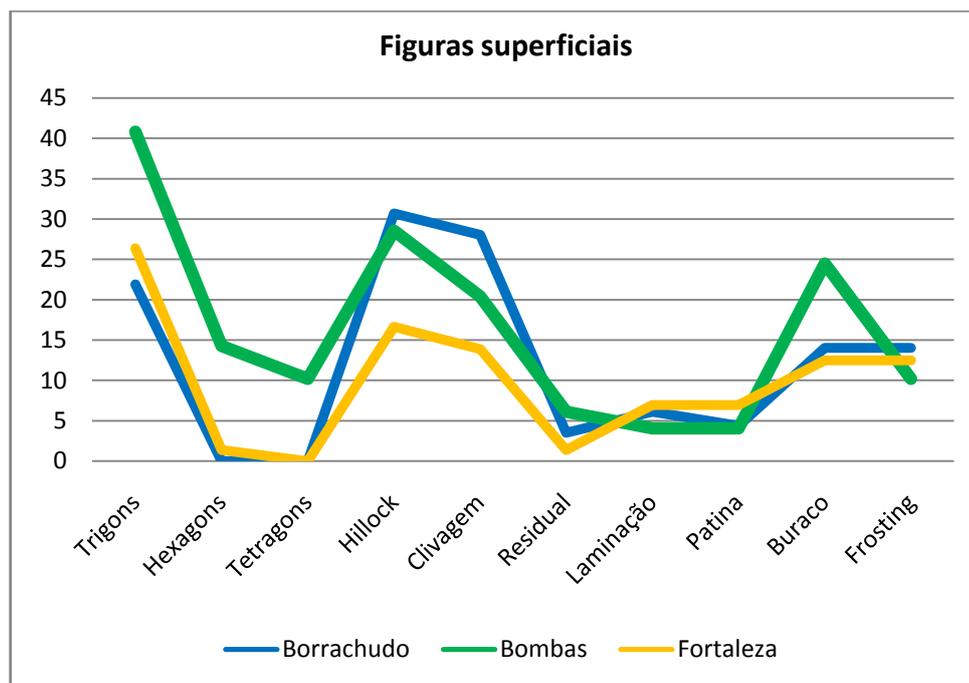
As formas cristalográficas também mostram importantes distinções. Na região da Fortaleza as formas octaédricas são mais evidenciadas, enquanto a região das Bombas se destaca pela enorme quantidade de pedras do tipo *chip*, e a região do Rio Borrachudo pela distribuição mais homogênea entre as formas (Fig. 112).



**Figura 112:** Comparação da forma cristalográfica nas regiões da Fortaleza e Bombas (Rio Abaeté) com o Rio Borrachudo.

## Figuras Superficiais

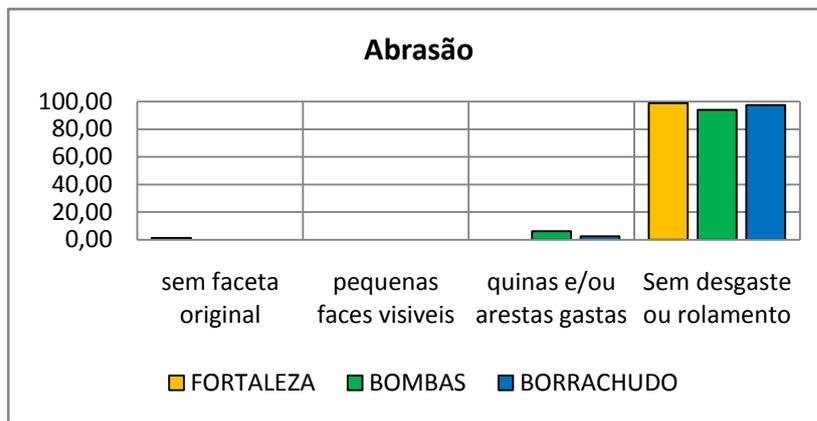
A comparação das figuras superficiais e sua evolução nas regiões do Rio Abaeté, tanto na região das Bombas, quanto na região da Fortaleza, com a região do Rio Borrachudo, demonstra que estas sofreram o mesmo processo de dissolução e eventos tardios, tendo em vista que as três curvas de distribuição se comportam com forte similaridade (Fig. 113).



**Figura 113:** Comparação das figuras superficiais nas regiões da Fortaleza e Bombas (Rio Abaeté), com o Rio Borrachudo.

## Abrasão

A abrasão sofrida pelo transporte aluvionar do diamante, nos rios Abaeté e Borrachudo, é muito próxima, indicando que nessas áreas distintas os diamantes provavelmente tenham percorrido curtas distâncias.



**Figura 114:** Comparação da abrasão nas regiões da Fortaleza e das Bombas (Rio Abaeté) com o Rio Borrachudo.

### 5.3.2. Áreas de Ocorrência dos Diamantes

Os diamantes dos rios Borrachudo e Abaeté mostram diferenças morfológicas, de tamanho, cor e figuras superficiais. A localização de cada ponto de coleta está plotada no mapa, e através deste pode-se observar que são várias os locais de onde o diamante poderia ter origem (Fig. 115). É importante observar que em todos os pontos de coleta a abrasão foi insignificante, e assim seu deslocamento superficial foi incipiente. Tal mapa expõe a localização de ocorrências de diamantes levantadas pelo autor nos últimos 15 anos de trabalho na região.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diamantes da região do Rio Borrachudo são caracterizados gemologicamente como de ótima qualidade, sendo que, das amostras levantadas, cerca da metade são puros e de cores muito claras. As cores encontradas correspondem a 9,65% incolores (D-F) e 42,98% podem ser consideradas comerciais, com leve toque ou para amarelo ou marrom (G-L). Os cristais possuem um tamanho diminuto, sendo 50,88% abaixo de 0,30 ct ou 87,52% abaixo de 1,00 ct. Também é importante salientar a presença local de cristais maiores ou até gigantes.

Tais diamantes são representados principalmente pela forma octaédrica e suas descendentes (formas de evolução morfológica pela dissolução), e ainda *chips* e *flats*. Não foi identificada nenhuma amostra com as formas cristalográficas cubo, hexaocaedro, cubo piramidado, icositetraedro ou triocaedro.

Também é importante destacar que os diamantes de cores G a L e de M a Z mostram cores secundárias inversas. Nos diamantes com cores G a L, 70% possuem cor secundária amarela e apenas 30 % marrom. Por outro lado, nos diamantes de cores M a Z, 68% apresentam cor secundária marrom, e apenas 32% amarela.

Os diamantes maiores que 1,0 ct são representados principalmente pelas formas dos tipos *chip* e *flat* (> 60%), enquanto nos diamantes menores que 1,0 ct predomina a forma octaédrica e suas descendentes. Tanto as cores secundárias, quanto as formas cristalográficas e o padrão de pesos mostram duas diferentes famílias.

É importante observar que os diamantes da região do Rio Borrachudo são provenientes de no mínimo três áreas distintas, indicadas pela presença deste mineral no Córrego Grande, no Ribeirão Claro e no Rio Borrachudo em área a jusante do encontro do Córrego Claro com o Rio Borrachudo, uma vez que nestes três distintos locais foi detectada a presença de diamantes.

Os diamantes do Rio Borrachudo têm características diferentes aos do Rio Abaeté, em ambos os locais analisados, que por sua vez diferem também entre si. Entre os diamantes do Rio Borrachudo ocorrem famílias de pedras pequenas (0,10 a 0,30ct), e apresentam alta dissolução, com formas rombododecaédricas e do tipo *chip*, cor branca (predominância das cores de G a L) e cor de interferência amarela e marrom inversa para as cores G-L e M-Z.

Os diamantes do Rio Abaeté têm maior representação em tamanhos entre 0,30 e 1,00 ct. Comparando a sequência de dados, a região da Fortaleza apresenta maior abundância na faixa de peso entre 1,00 e 3,00 ct, enquanto que na região das Bombas a sequência de representatividade está na faixa acima de 3,00 ct. As cores predominantes do Rio Abaeté são de M a Z, com importante diferenciação para a região das Bombas pelas suas pedras *fancies*. As cores secundárias, no Rio Abaeté, seguem inversão para a região das Bombas, mas não para a região da Fortaleza. A forma cristalográfica também difere principalmente na região das Bombas, pelo elevado índice de pedras do tipo *chip*.

Os cristais analisados não mostraram sinais de desgaste mecânico, fato que reforça a idéia de que o deslocamento fluvial foi muito pequeno, provavelmente proveniente de fontes proximais em todos os casos.

As capas (manchas) encontradas nos diamantes indicam que estes corpos não sofreram aquecimento tardio, já que 94,69 % não apresentam nenhum tipo de mancha (*hot spot*); as manchas marrons são típicas de rochas que sofreram aquecimento.

Uma característica fundamental a se ressaltar é que o processo de dissolução foi intenso nos corpos primários, visto que as formas cristalográficas estão bastante diferenciadas da forma padrão (octaédrica) e as figuras de dissolução também demonstram mesmo em cristais de forma preservada os estágios mais avançados da dissolução. Também pode ser observado que os cristais do tipo *chip* e *flat* sofreram ataque químico formando buracos em sua superfície lisa. Comparando-se pelas figuras superficiais e os eventos sofridos, pode-se afirmar que os diamantes das três regiões sofreram processos evolutivos similares, com dissolução, eventos tardios e também deslocamento fluvial de iguais magnitudes.

Os pontos encontrados das possíveis fontes do diamante nas proximidades do Córrego Grande (pontos 1, 2, 3 e 4) e Águas Claras apresentam uma associação mineralógica semelhante e também de rochas. Eles estão estratigraficamente em meio às rochas metassílicas do Grupo Bambuí e abaixo dos arenitos do Grupo Areado. Embora não se possa afirmar que se trate de rocha primária, ou menos que ela seja a fonte dos diamantes (uma vez que não ter sido conclusivo que o diamante saiu desta “rocha”), mas pela presença de perovskita, ilmenita pode-se inferir uma origem mantélica para a mesma. Análises nas ilmenitas do Rio Borrachudo demonstraram sua origem kimberlítica.

Os aluviões ao longo do Rio Borrachudo são mineralizados, tanto os que ocorrem entre as cotas 720 a 750 m, quanto aos das cotas 715 a 720 m. O paleocanal, encontrado na

cota 715, é mais recente e contínuo. Ele é composto de uma sequência de camadas de cascalhos e areias, tendo seixos e blocos de calcedônia/jaspe, mal classificados, em sua parte basal. O paleoaluvião, na cota 750, é mais antigo e composto basicamente de seixos e matacões de arenito, em meio à matriz arenítica. Nestes, os minerais indicadores podem atingir tamanhos diferenciados, sendo possível encontrá-los nas peneiras de frações > 1 mm.

Assim, torna-se fundamental uma análise mais detalhada dos vários pontos encontrados na região do Rio Borrachudo para determinar sua real potencialidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKMIM, F.F.; CHEMALE JÚNIOR, F.; BACELLAR, L.A.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; MAGALHÃES, P. M. 1989. **Arcabouço estrutural da porção sul da Bacia do São Francisco**. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5, Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte, SBG, pgs. 289-293.

ALKMIM, F.F.; NEVES, B.B.B.; ALVES, J.A.C. 1993. **Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco- uma revisão**. In: DOMIGUEZ, J.M.L. & MISI, A. (eds.) *Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco. Reunião Preparatória*. Salvador, SBG/SGM/CNPq, pgs. 45-62.

ALKMIM, F. F. & MARTINS-NETO, M. A. 2001. **A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e cenários evolutivos**. In: Pinto, C. P. & Martins-Neto, M. A *Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais*. SBG, Belo Horizonte, pgs. 9-30.

ALKMIM F.F. 2004. **O que faz um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo**. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro & B.B. Brito-Neves (eds.) *Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio de Almeida*, Editora Beca, pgs. 1-17-35

ALMEIDA, F.F.M. 1967. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 36p. (Boletim 241).

ALMEIDA, F.F.M. 1977. **O Cráton do São Francisco**— *Rev. Bras. Geol.* **7**(4) pgs. 349-364.

AMARAL G., BUSHEE J., CORDANI U.G., KAWASHITA K., REYNOLDS J.H. 1967. **Potassium-argon ages of alkaline rocks from Southern Brazil**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 31, pgs. 117-142.

ARIMA, M.; KOZAI, Y. 2008. **Diamond dissolution rates in kimberlitic melts at 1300-1500 °C in the graphite stability field**. *Eur. J. Mineral*, vol. 20, pgs. 357-364.

- ARNDT, N.T.; GUITREAU, M.; BOULLIER, A.-M.; ROEX, A. LE.; TOMMASI, A.; CORDIER, P.; SOBOLEV, A. 2009. **Olivine, and the Origin of kimberlite**. *Journal of Petrology* Vol. 100, pgs. 1-30.
- BABINSKI, M. 2005. **A idade do Supergrupo São Francisco: revisão e implicações nas glaciações neoproterozóicas**. *In: Simpósio sobre o Cráton São Francisco*, 3, Salvador, Anais, pgs. 135-138.
- BARBOSA, O. 1965. **Série Bambuí. Simpósio sobre formações neopaleozóicas do Brasil**. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: S.B.G. [Boletim DNPM/DGM, avulso n° 4, 15p.].
- BARBOSA, O. 1991. **Diamante no Brasil – Histórico, Ocorrência, Prospecção e Lavra**, CPRM, Rio de Janeiro, 136p.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R. 1970. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. DNPM/DFPM. 140p. (Boletim 136).
- BENITEZ, L. 2009. **Províncias diamantíferas de Minas Gerais: uma proposta para caracterização de populações de diamantes típicas como subsídio à certificação kimberley**. Tese doutorado, UFMG/IGC, 223p.
- BENITEZ, L.; CHAVES, M.L.S.C. 2010. **Províncias diamantíferas de Minas Gerais: Caracterização de suas populações de diamantes**. 5º Simpósio Brasileiro Geologia do Diamante. Tibagi pgs. 48-51.
- BRASIL MINERAL, 2013. 14-04-2013 ([www.brasilmineral.com.br](http://www.brasilmineral.com.br)).
- BULANOVA, G.P. 1995. **The formation of diamond**. *Journal of Geochemical Exploration* 53 pgs. 1-23 - Elsevier
- CAPDEVILA, R., ARNDT, N., LETENDRE, J., SAUVAGE, J-F. 1999. **Diamonds in volcanoclastickomatiite from French Guiana**. *Nature*, **399**, pgs.456-458.
- CAMPOS, J.E.G. E DARDENNE, M.A. 1997.(a) **Origem e Evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana**. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3) pgs. 283-294.
- CAMPOS, J.E.G. E DARDENNE, M.A. 1997.(b) **Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão**. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3) pgs. 269-282.
- CHAVES, M.L.S.C., ANDRADE, K.W., BENITEZ, L., BRANDÃO, P.R.G. 2008. **Província diamantífera da Serra da Canastra e o kimberlito Canastra-1: Primeira fonte primária de diamante economicamente viável do País**. *Geociências*, v.27 pgs. 299-317.
- CHOPIN, C. 1984. **Coesite and pure pyrope in highgrade blueschists of the western Alps: a first Record and some consequences**. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **86**, pgs.107-

118. WIRTH, R. & ROCHOLL, A. 2003. Nanocrystalline diamond from the Earth's mantle underneath Hawaii. *Earth and Planetary Science Letters*, **211**, pgs. 357-369.
- CLEMENT, C.R.; SKINNER, E.M.W.; SMITH, H.S. 1984. **Kimberlite Redefined**. *Journal of Geology*, vol. 92 pgs. 223-228.
- COUTO, J.V. 1842. **Memoria sobre as Minas da capitania de Minas Gerais**. Suas descrições, ensaios e domicilio próprios. Escrita em 1801. Instituto Histórico e Geographico do Brasil, em casa dos editores Eduardo e Henrique Laemmer 7 pgs. 61-113.
- DARDENNE M. A. 2000. **The Brasília fold belt**. In: International Geological Congress, 31, Tectonic evolution of South America, pg. 854.
- DAWSON, J.B. 1980. **Kimberlites and Their Xenoliths** Springer-Verlag 324p.
- DNPM/MME 1989. **Boletim Pluviométrico**
- DOBRZHINETSKAYA, L.F. 2012. **Microdiamonds – Frontier of ultrahigh-pressure metamorphism: A review**. *Gondwana Research* Vol. 21 pgs. 207-223.
- DOBRZHINETSKAYA, L.F.; GREEN II, H.W.; MITCHELL, T.E.; DICKERSON, R.M. 2001. **Metamorphic diamonds: Mechanism of growth and inclusion of oxides**. *Geological Society of America*. Vol. 29, n° 3 pgs. 263-266.
- DONATTI, J.P.F.; OLIVEIRA, E.P.; TAPPEB, S.; HEAMANB, L. 2010. - **U-PB Tims Perovskite dating of the Brauna kimberlite fields, São Francisco cráton – Brazil: Constraints on Neoproterozoic Alkaline Magmatism**. 5° Simp. Bras. Geol. Diamante, Tibaji, Pr. pg. 81.
- EVANS, A. M. 1980. **An Introduction to Ore Geology**. Blackwell 358p.
- EVANS, T & QI, Z. 1982. **The kinetics of the aggregation of nitrogen atoms in diamond**. *Proc. R. Soc. London*, A 381, pgs. 159-178.
- FEDORTCHOUK, Y.; ZHANG, Z. 2011. **Diamond resorption: link to metasomatic events in the mantle or record of magmatic fluid in kimberlitc magma?** *The Canadian mineralogist* vol. 49, pgs. 707-719.
- FUCK, R.A. 1990. **Dobramentos neoproterozóicos da margem ocidental do Cráton São Francisco**. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36, Natal, *Resumos...* Natal, SBG, pgs. 288-289.
- FUCK, R.A.; PEREIRA, R.S. 2005. **Archean Nucleii and the distribution the kimberlite and related rocks in the São Francisco cráton, Brazil**- RBG pgs. 93-104
- FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M.; SILVA, L.J.H. 1994. **Compartimentação tectônica na porção oriental da Província do Tocantins**. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38, Camboriú. *Anais...* Camboriú, SBG, pgs. 215-216.
- GIA 1995. **Diamond Grading, Lab Manual** Gemological Institute of America, 48p.

- GIBSON S.A.; THOMPSON R.N.; LEONARDOS O.H.; DICKIN A.P.; MITCHELL J.G. 1995a. **The Late Cretaceous Impact of the Trindade Mantle Plume: Evidence from Large-volume, Mafic, Potassic Magmatism in SE Brazil.** *J. Petrol.*, **36** pgs. 189-229.
- GIBSON S.A.; THOMPSON R.N.; DICKIN A.P.; LEONARDOS O.H. 1995b. **High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: Key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalt genesis.** *Ear. Planet. Sci. Lett.*, **136** pgs. 149-165.
- GREGORY, R.T. & TAYLOR, H.P. 1981. **An oxygen isotope profile in a section of cretaceous oceanic crust. Samail ophiolite, Oman: evidence for  $\delta^{18}O$  buffering of the oceans by deep (>5km) seafloor hydrothermal circulation at mid-ocean ridges.** *Jour. Geophys. Res.*, **86** pgs. 2737-2755.
- GRIFFIN, W.L.; FISHER, N.I.; FRIEDMAN, J.H.; RYAN, C.G. 1997. **Statistical techniques for the classification of Chromites in diamond exploration Samples.** *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 59, pgs. 233-249.
- GRÜTTER, H.S.; GURNEY, J.J.; MENZIES, A.H.; WINTER, F. 2004. **An updated classification scheme for mantle-derived garnet, for use by diamond explorers.** *Lithos* 77, pgs. 841-857.
- GURNEY, J.J.; HELMSTAEDT, H.H.; RICHARDSON, S.H.; SHIREY, S.B. 2010. **Diamonds through Time.** *Economic Geology*. vol. 105 pgs. 689-712.
- HAGGERTY, S.E. 1995. **Upper Mantle Mineralogy.** In: *J. Geodynamics* Vol. 20, N° 4, pgs. 331-364.
- HAGGERTY, S.E. 1999. **A diamond trilogy; superplumes, supercontinents, and supernovae.** *Science* vol. 285 pgs. 851-850.
- HAGGERTY, S.E. 2010. **Diamond dynamics: Modern Views through Windows.** 5º Simpósio Brasileiro Geologia do Diamante. Tibagi. pg. 12.
- HARALYI, N.L.E.; HASUI, Y.; MIOTO, J.A.; HAMZA, V.M.; RODRIGUES, C.R.V. 1985. **Ensaio sobre a estruturação crustal do Estado de Minas Gerais com base na informação geofísica e geológica.** In: *Contribuições à Geologia e à Petrologia*, SBG/CBMM. Núcleo Minas Gerais, Bol. Esp., pgs. 71-93.
- HARTE, B. 2010. **Diamond formation in the deep mantle: the Record of mineral inclusions and their distribution in relation to mantle dehydration zones.** *Mineralogical Magazine*, vol. 74(2), pgs. 189-215.
- HARTE, B. & RICHARDSON, S. 2012. **Mineral inclusions in Diamonds track the evolution of a Mesozoic subducted slab beneath West Gondwanaland.** *Gondwana Research*, vol. 21, pgs. 236-245.

- Hofer, S.C. 1998. **Collecting and classifying coloured Diamonds: na illustrated study of the Aurora collection.** NY, USA: Ashland Press. 742 p.
- IBGM 2009 **Manual Técnico de Gemas.** IBGM, DNPM.
- IGLESIAS, M. & UHLEIN, A. 2009. **Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais.** RBG 39 pgs. 256-266.
- JANSE, A.J.A. 1991. **Review of supposedly nonkimberlitic and non-lamproitic diamond host rocks.** In: CPRM/ Núcleo Brasília, *Fifth international kimberlite conference, Araxá, Brazil.* 2 pgs. 144-159.
- JQUES, A.L. 1998. **Kimberlite and lamproite diamond pipes.** AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17(4), pgs. 153-162.
- KAMINSKY, F.V. 2012. **Mineralogy of the lower mantle: A review of 'super-deep' mineral inclusion in diamond.** Earth Science Reviews, vol. 110, pgs. 127-147.
- KAMINSKY, F.V.; ZAKHARCHENKO, O.D.; KHACHATRYAN, G.K.; SHIRYAEV, A.A. 2001. **Diamonds from the Coromandel area, Minas Gerais, Brazil.** In: Rev. Brasileira de Geociências, vol. 31 (4) pgs. 583-596.
- KAMINSKY, F.V.; KHACHATRYAN, G.K. 2001. **Characteristics of nitrogen and other impurities in diamond, as revealed by infrared absorption data.** The Canadian Mineralogist, vol. 39, pgs. 1733-1745.
- KHOKHRYAKOV, A.F.; PAL'YANOV, Y.N. 2007. **The evolution of diamond morphology in the process of dissolution: Experimental data.** American Mineralogist, vol. 92 pgs. 909-917.
- KHOKHRYAKOV, A.F.; PAL'YANOV, Y.N. 2010. **Influence of the fluid composition on diamond dissolution forms in carbonate melts.** American Mineralogist, Vol. 95, pgs. 1508-1514.
- KOZAI, Y.; ARIMA, M. 2005. **Experimental study on diamond dissolution in kimberlitic and lamproitic melts at 1300-1420 °C and 1 GPa with controlled oxygen partial pressure.** American Mineralogist, Vol. 90, pgs. 1759-1766.
- KYARSGAARD, B.A.; LEVINSON, A.A. 2002. **Diamonds in Canada** Gems & Gemology, vol. 38, n° 3 pgs. 208-238.
- LEONARDOS, O.H. 1956. **Recursos minerais do Triângulo Mineiro.** Rev. Engenharia, mineração e metalurgia. Vol. XXIV 140 pgs. 71-77.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DANNI, J.C.; DARDENNE, M.A. 1981. **A evolução geotectônica da Faixa Brasília e do seu embasamento.** In: SIMP. SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1979. *Anais...* Salvador, SME/CPM/SBG, pgs. 100-115.

- MAXIMILIANO, M.; RAKIN, V.; PETROVSKY, V.; KARFUNKEL, J.; SUKHAREV, A.; FILIPPOV, V.; 2006. **Evolução Morfológica e textural de diamantes baseada no método da Fotogoniometria**. Geonomos, 14 pgs. 65-74.
- MEYER, H.O.A. 1985. **Genesis of diamond: a mantle saga**. American Mineralogist, vol. 70 pgs. 344-355.
- MIDDLEMOST, E.A.K. 1985. **Magmas and Magmatic Rocks – An introduction to igneous petrology**. Longman Inc. 266p.
- MOORE, A. E. 2009. **Type II Diamonds: Flamboyant Megacrysts?** South African Journal of Geology, vol. 112 pgs. 23-38.
- OLIVEIRA, A.H. 1936. DNPM/SGM Rel. Anual. RJ.
- OLIVEIRA, M.R.; 2007. **Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de corrente nas margens do Rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais**. IGC/UFMG Tese de Doutorado. 150p.
- OLIVEIRA, P.C.; RODRIGUES, S.C. 2007. **Cartografia do relevo: Um estudo aplicado na região oeste de Minas Gerais**, Rev. Bras. Geomorfologia vol. 8 n°2 pgs. 37-44.
- OPPENHEIM, VICTOR, 1934. **Estudo da Zona Diamantífera do Rio Abaeté, Estado de Minas Geraes**, DNPM/SFPM, Bol. 3 Rio de Janeiro. pgs. 65-74.
- PALOT, M.; PEARSON, D.G.; STERN, R.A.; STACHEL, T.; HARRIS, J.W. 2013. **Multiple growth events, processes and fluid sources involved in diamond genesis: A micro-analytical study of sulphide-bearing diamonds from Finsch mine, RSA**. Geochimica et Cosmochimica Acta vol. 106 pgs. 51-70, Elsevier.
- PATTISON, D. R. M.; LEVINSON, A.A. 1995. **Are euhedral microdiamonds formed during ascent and decompression of kimberlite magma? Implications for use of microdiamonds in diamond grade estimation**. Applied Geochemistry, Vol. 10, pgs. 725-738.
- PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C.A.; LIMA, P.R.A. 2005. **Minerais em grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação**. Oficina de Textos. 126p.
- PIRES, A.O.S. 1885. **Viagem aos terrenos diamantíferos do Abaeté**. An. Escola Minas Ouro Preto. Vol. 4 pgs. 76-94.
- PISANI, J.R.T.; TANTON, K.M.; ALLAN, A.F.; SILVA, S.B.; MIRANDA, J.V. 2001. **Geology and Exploration of the Braúna diamondiferous kimberlites, Serrinha Block, Bahia- Brazil**. Rev. Bras. Geoc. 31, pgs. 663-664.

- REINITS, I.M.; JOHNSON, M.L.; HEMPHILL, T.S.; GILBERTSON, A.M.; GEURTS, R.H.; GREEN, B.D.; SHIGLEY, J.E. 2001. **Modeling the Appearance of the round brilliant cut diamond: An analysis of fire, and more about brilliance.** *Gems & Gemology*, Vol. 37 n° 3 pgs. 174-197.
- SCHERTL, H.-P.; SOBOLEV, N.V. 2013. **The Kokchetav Massif, Kazakhstan: "Type locality" of diamond-bearing UHP metamorphic rocks.** *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 63, pgs. 5-38.
- SGARBI, G.N.C.; SGARBI, P.B.A.; CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A.; PENHA, U.C. 2001. **Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da Bacia do São Francisco.** *In: Pinto, C.P. & Martins-Neto, M.A. (Eds.), Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais.* Belo Horizonte, SBG, pgs. 93-138.
- SHIMIZU, R.; OGASAWARA, Y. 2013. **Diversity of potassium-bearing tourmalines in diamondiferous Kokchetav UHP metamorphic rocks: A geochemical recorder from peak to retrograde metamorphic stages.** *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 63, pgs. 39-55.
- SHIREY, S. B.; RICHARDSON, S.H.; HARRIS, J.W. 2004. **Integrated models of diamond formation and cráton evolution.** *Lithos* vol. 77 pgs. 923-944.
- SHIREY, S. B.; CARTIGNY, P.; FROST, D. J.; KESHAV, S.; NESTOLA, F.; NIMIS, P.; PEARSON, D. G.; SOBOLEV, N. V.; WALTER, M. J. 2013. **Diamonds and the Geology of Mantle Carbon.** *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*. Vol. 75. pgs. 355-421.
- SOBOLEV, N.V.; LOGVINOVA, A.M.; ZEOLGENIZOV, D.A.; SERBOTKIN, Y.V.; YEFIMOVA, E.S.; FLOSS, C.; TAYLOR, L.A. 2004. **Mineral inclusions in microdiamonds and macrodiamonds from kimberlitos of Yakutia: a comparative study.** *Lithos* vol. 77, pgs. 225-242. Elsevier.
- SOKOL, A.G.; KUPRIYANOV, I.N.; PALY'NOV, Y.N.; KRUK, A.N.; SOBOLEV, N.V. 2013. **Melting experiments on the Udachnaya kimberlito at 6.3-7.5 GPa: Implications for the role of H<sub>2</sub>O in magma generation and formation of hydrous olivine.** *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 101 pgs. 133-155. Elsevier.
- STACHEL, T.; BREY, G.P.; HARRIS, J.W. 2005. **Sublithospheric Diamonds: Glimpses of Deep Earth.** *Elements*, vol. 1. pgs. 73-78.
- STACHEL, T.; HARRIS, J.W. 2008. **The origin of cratonic diamonds – Constraints from mineral inclusions** *Ore Geology Reviews* 34, pgs. 5-32- Elsevier
- SVISERO, D.P. 1971. **Mineralogia do diamante da região de Alto Araguaia, MT.** Instituto de Geociências e Astronomia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 137p.
- TAPPERT, R.; TAPPERT, M.C. 2011. **Diamonds in Nature: A Guide to Rough Diamonds.** Springer, 142p.

- TEIXEIRA W.; SABATÉ P.; BARBOSA J.S.F.; NOCE C.M.; CARNEIRO M.A. 2000. **Archean and Peloproterozoic evolution of the São Francisco Craton, Brazil.** In: U.G. Cordani, Milani E., A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds.) *Tectonic evolution of South America*. 31st Intern. Geol. Congr., Rio de Janeiro, pgs. 101-137
- 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.** In. *Economic Geology* Vol. 84, pgs. 591-602.
- WESTERLUND, K.J.; GURNEY, J.J.; CARLSON, R.W.; SHIREY, S.B.; HAURI, E.H.; RICHARDSON, S.H. 2004. **A metasomatic origin for late Archean eclogitic diamonds: Implications from internal morphology of diamonds and Re-Os and S isotope characteristics of their sulfide inclusions from the late Jurassic Klipspringer kimberlites.** *South African Journal of Geology*, Vol. 107, pgs. 119-130.
- WOOLLEY, A.R.; BERGMAN, S.; EDGAR, A.D.; LE BAS, M. J.; MITCHELL, R.H.; ROCK, N.M.S.; SMITH, B.H.S. 1996. **Classification of lamprophyres, Lamproites, Kimberlites, and the Kalsilitic, Melilitic, and Leucitic Rocks.** *The Canadian Mineralogist*. Vol. 34 pgs. 175-186
- WYATT, B.A.; BAUMGARTNER, M.; ANCKAR, E.; GRUTTER, H. 2004. **Compositional classification of "kimberlitic" and "non-kimberlitic" ilmenite.** *Lithos* 77 pgs. 819-840 Elsevier.
- ZHANG, Z.; FEDORTCHOUK, Y. 2012. **Records of mantle metasomatism in the morphology of diamonds from the Slave craton.** *Eur. J. Mineral* vol. 24 pgs. 619-632.

**Anexo 1:** Diamantes da Mina Canastrão, Petrus Mineração Ltda (Rio Borrachudo).

PESO	COR	PUREZA	FORMA	%	ABRASÃO	FLUORESCÊNCIA	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROSÃO (PÁTINA)	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
0,070	K	32	13	1	4	1	B					X					
0,079	J	43	12	1	4	1	Y				X	X					
0,080	G		14	1	4	1	Y				X						
0,080	M		80	1	4	1	B					X					
0,090	K		15	1	4	1	G										
0,095	H		11	1	4	1	Y										
0,095	P	2	15	1	4	1	B				X						
0,096	H	2	11	1	4	2	Y	X									
0,096	H	3	15	1	4	1	Y					X					
0,097	H	2	80	1	4	1	B									X	X
0,107	K		80	1	4	1	B	X			X						
0,116	G		15	1	4	1	Y										
0,117	K		13	1	4	1	Y	X			X	X					
0,120	H	3	80	1	4	1	Y						X	X			
0,125	P	3	80	1	4	1	B				X						
0,126	K		12	1	4	1	Y	X									
0,126	J	2	80	1	4	1	B	X				X					
0,131	K		13	1	4	1	Y										
0,131	M	32	13	1	4	1	B									X	
0,140	FANCY	3	14	3	4	1	G									X	
0,144	K		80	1	4	4	B					X					
0,145	F	2	12	1	4	1					X	X					
0,145	G		80	1	4	1						X				X	
0,145	H	4	80	1	4	1	Y				X	X					
0,147	G		14	1	4	3	Y										
0,147	K		80	1	4	1	B				X						
0,155	L		12	1	4	1	Y	X									
0,155	F	2	14	1	4	1					X						
0,158	N	3	80	1	4	1	Y										
0,164	P		90	1	4	1	Y										X
0,168	L		14	3	4	4	Y										X
0,168	M	3	15	2	4	1	B	X			X						
0,169	J		11	1	4	3	Y	X				X					
0,169	G	3	14	3	4	1	Y									X	
0,171	I		12	2	4	1	Y										

PESO	COR	PUREZA	FORMA	%	ABRASÃO	FLUORESCÊNCIA	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROSÃO (PÁTINA)	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
0,172	N	3	80	1	4	1	B	X								X	
0,174	H		14	1	4	1	Y				X						
0,176	P	32	80	1	4	1	B									X	X
0,180	E		13	1	4	1											
0,180	P	31	80	1	4	1	B								X		
0,183	M		80	1	4	1	Y	X			X						
0,184	J		12	1	4	1	Y								X		
0,186	F	4	12	1	4	1		X									
0,187	L	3	15	1	4	1	Y										
0,193	G	2	14	1	4	1	Y				X						
0,204	M	3	15	1	4	1	Y										X
0,209	P		90	1	4	1	B					X					
0,216	L	3	90	1	4	1	B					X				X	
0,221	I		14	1	3	1	Y				X					X	
0,223	M	32	14	1	4	1	B					X	X				X
0,225	P	12	80	1	4	1	B	X				X				X	
0,243	K		12	1	4	1	Y				X						
0,245	M	31	14	1	4	1	B				X	X					
0,250	H	3	70	1	4	5	Y										X
0,265	O	2	14	3	4	1	B								X		
0,265	J		15	1	4	5	B									X	X
0,280	FANCY	3	80	1	4	3	Y					X				X	
0,280	F		80	1	4	1											X
0,318	K		13	1	4	1	B	X									
0,332	I		13	1	4	1	Y				X						
0,337	H	3	80	1	4	3	B				X						
0,343	M	31	90	1	4	1	B					X					X
0,348	FANCY	3	14	1	4	1	B							X		X	
0,350	P		70	1	4	1	Y				X						X
0,377	F		80	1	4	1							X	X			X
0,380	O		90	1	4	1	B	X				X					X
0,383	L	3	15	1	4	1	B								X		
0,392	J		11	1	3	4	Y	X									
0,396	R	3	80	1	4	1	B				X	X				X	
0,403	G		12	1	4	1		X			X						
0,407	H		14	1	4	1	Y										

PESO	COR	PUREZA	FORMA	%	ABRASÃO	FLUORESCÊNCIA	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROSÃO (PÁTINA)	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
0,410	G	32	14	1	4	1	B	X			X						
0,412	D		11	1	4	1		X						X			
0,414	O	3	15	1	4	1	B									X	
0,422	M	2	14	2	4	1	G				X	X					
0,439	G		70	1	4	5	B	X			X						
0,448	K		15	1	4	1	B										
0,448	M	32	80	1	4	1	B					X		X			
0,468	P		70	1	4	1	B				X	X					X
0,487	N	1	90	1	4	1	B					X					
0,489	FANCY		11	1	4	4	Y	X			X						
0,502	G		80	1	4	1		X									
0,517	M		15	1	4	4	B										
0,524	FANCY		13	1	4	1	Y				X	X					
0,530	M	3	13	1	4	1	B				X						
0,550	J		14	1	4	1	Y							X			
0,550	M	2	15	1	4	1	Y										
0,555	FANCY	32	90	1	4	1	B	X				X					
0,580	E		11	1	4	1											
0,654	P		13	1	4	1	B				X						
0,675	F		11	1	4	3					X						
0,696	P		11	1	3	1	Y										X
0,700	J	2	14	1	4	1	Y										
0,720	J		14	1	4	3	Y										
0,732	P	2	90	1	4	1	B				X	X					
0,740	H		80	1	4	1						X					
0,760	O		14	1	4	1	Y										
0,760	L	32	15	1	4	1	Y										
0,810	H	2	14	1	4	1	Y										
0,930	G	3	15	1	4	2	Y	X									
1,120	F	32	80	1	4	1		X									
1,140	M	2	14	1	4	1	Y										
1,170	R		90	1	4	1	B										
1,380	Fancy		80	1	4	4	Y										X
1,390	M		11	1	4	4	Y							X			
1,400	H		10	1	4	1	Y										
1,508	P	321	15	1	4	1	B					X					

PESO	COR	PUREZA	FORMA	%	ABRASÃO	FLUORESCÊNCIA	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROSÃO (PÁTINA)	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
1,613	R	3	90	1	4	1	B				X	X					
1,956	P	2	90	1	4	1	B					X	X	X			
2,255	P		90	1	4	1	B	X			X					X	
3,550	Fancy	32	80	1	4	1	B					X					
4,025	K	2	90	1	4	1	B				X						
4,750	I		13	1	4	1	Y										
29,000	F	3	80	1	4	1											

**Anexo 2:** Diamantes da região da Fortaleza, GAR Mineração (Rio Abaeté).

PESO	COR	FORMA	MANCHA	ABRASÃO	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROÇÃO PÁTINA	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
9,44	fancy	90	1	4	B					X					
2,57	J	12	1	4	Y	X									
1,95	H	12	1	4	Y	X									
1,4	G	12	1	4		X				X				X	
8,88	fancy	80	1	4	B										X
2,35	N	15	1	4	Y										X
2,25	E	15	1	4					X						
0,75	J	15	1	4	Y								X	X	
0,6	H	13	1	4	Y				X			X			
4,83	fancy	80	1	4	B					X					
3,05	fancy	80	1	4	B	X			X						
1,26	fancy	12	1	4		X									
1,03	fancy	80	1	4	Y						X				
1,57	K	14	1	4	Y										X
1,12	fancy	90	1	4	Pk					X					
1,5	P	80	1	4	B					X					
PESO	COR	FORMA	MANCHA	ABRASÃO	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROÇÃO PÁTINA	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
1,28	K	12	1	4	Y										
0,62	H	15	1	4	Y										
1,17	K	13	2	4	G								X		
0,95	M	15	1	4	Y							X			
1,55	fancy	90	1	4	B	X				X					
5,54	O	90	1	4	Y				X						
4,40	H	13	1	4	Y	X			X						



1,31	M	11	1	4	Y					X				
0,55	L	14	1	4	Y							X		
0,37	N	13	1	4	Y							X		
0,34	M	80	1	4	B									
0,34	P	12	1	4	Y									
0,33	N	14	1	4	Y							X		X
0,40	O	14	1	4	Y									
0,24	N	11	1	4	Y								X	
4,51	fancy	90	1	4	B								X	
1,18	M	80	1	4	Y									
1,09	M	15	1	4	Y							X		
0,60	M	15	1	4	Y							X		
0,43	K	14	1	4	Y									
0,54	K	11	1	4	Y	X								
0,43	M	12	1	4	Y									

**Anexo 3:** Diamantes da região das Bombas – Giacampós Diamond (Rio Abaeté).

PESO	COR	FORMA	MANCHA	ABRASÃO	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROSÃO PÁTINA	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
0,11	K	13	1	4	B									X	
0,13	P	14	3	4	B										
0,18	N	12	1	3	Y										
0,25	J	80	1	4	B				X						
0,33	M	13	1	4	Y										
0,34	I	13	1	4	Y				X			X			
0,37	M	12	1	3	Y	X									
0,40	L	80	1	4	B										
0,40	H	70	1	4	Y	X	X								
0,41	M	14	1	4	Y							X			
0,44	J	15	1	4	B	X				X				X	
0,47	K	14	1	4	Y										
0,48	E	13	1	4		X			X						
0,53	Fancy	90	1	4	PK	X								X	
0,53	L	12	1	4	Y						X				
0,59	N	12	1	4	Y	X			X						
0,61	H	80	1	4	Y	X			X						
0,64	N	80	1	4	B	X			X	X					
0,65	J	13	1	4	Y									X	
0,67	M	80	1	4	B									X	
0,74	M	80	1	4	Y						X			X	
0,75	fancy	80	1	4	B					X				X	
0,77	J	12	1	3	G										
0,87	K	13	1	4	Y			X	X		X				
0,88	Fancy	90	1	4	PK	X		X							
0,98	M	13	2	4	Y						X				
1,00	L	80	1	4	B			X						X	X
1,01	Fancy	13	1	4	Y	X			X						
1,08	fancy	11	1	4	B	X			X					X	
1,85	Fancy	90	1	4	PK	X			X						
1,86	fancy	80	1	4	B									X	
1,89	P	80	1	4	B	X								X	
2,57	fancy	80	1	4	B		X	X							
2,62	fancy	80	1	4	B	X		X		X					
3,06	fancy	80	1	4	B	X	X		X						
3,25	P	80	1	4	B	X									X

PESO	COR	FORMA	MANCHA	ABRASÃO	COR SECUNDÁRIA	TRÍGONOS	HEXÁGONOS	TETRÁGONOS	HILLOCKS	CLIVAGEM	HILLOCKS RESIDUAIS	LINHAS DE LAMINAÇÃO	ESCULTURA DE CORROÇÃO PÁTINA	DEPRESSÕES/BURACOS	FROSTING
3,25	G	13	1	4	Y	X									X
3,40	R	80	1	4	B				X						
3,63	fancy	14	1	4	B										
3,82	fancy	80	1	4	B				X	X					
5,15	fancy	80	1	4	B										
5,27	fancy	80	1	4	B	X									
5,50	Fancy	80	1	4	PK		X			X					
7,94	M	80	1	4	B					X				X	X
8,26	N	80	1	4	B		X								
8,67	fancy	90	1	4	B	X			X	X					
9,54	O	80	1	4	B	X	X								
18,28	fancy	90	1	4	B		X			X	X				
19,52	fancy	90	1	4	B					X					X

**ANEXO 4:** Análises dos minerais pesados encontrados nos pontos de 1 a 4.

Na2O	K2O	FeO	MgO	CaO	MnO	Al2O3	TiO2	Cr2O3	SiO2	Total	Ponto	
0,51	0,01	0,93	0,00	39,23	0,00	0,03	56,08	0,00	0,04	96,83	2	Perowskita?
0,51	0,00	0,62	0,00	39,16	0,08	0,00	56,63	0,00	0,02	97,01	2	Perowskita?
0,00	0,02	13,87	2,13	0,00	0,15	51,39	0,68	0,08	27,28	95,61	2	Estaurolita?
0,02	0,01	13,68	2,20	0,00	0,20	52,13	0,73	0,16	27,60	96,74	2	Estaurolita?
0,01	0,01	13,82	2,18	0,00	0,21	51,87	0,65	0,14	27,66	96,52	2	Estaurolita?
0,00	0,00	0,70	0,04	11,53	0,00	0,05	15,84	0,09	0,06	28,30	5	Calzirtita?
0,00	0,00	0,83	0,05	11,19	0,10	0,04	16,03	0,06	0,02	28,32	5	Calzirtita?
0,04	0,00	0,64	0,05	11,46	0,06	0,12	15,51	0,05	0,02	27,95	5	Calzirtita?
0,00	0,01	0,63	0,06	11,29	0,10	0,14	15,50	0,06	0,03	27,82	5	Calzirtita?
0,00	0,00	13,82	1,84	0,00	0,17	50,33	0,63	0,00	27,16	93,94	5	Estaurolita?
0,03	0,01	13,84	1,84	0,01	0,10	51,69	0,70	0,04	27,39	95,65	5	Estaurolita?
0,03	0,02	13,88	1,92	0,00	0,12	53,00	0,72	0,07	27,84	97,59	5	Estaurolita?
0,01	0,00	13,85	1,76	0,03	0,05	50,45	0,66	0,00	26,60	93,40	5	Estaurolita?
0,00	0,02	14,72	1,36	0,02	0,00	54,42	0,60	0,08	27,58	98,79	5	Estaurolita?
0,01	0,00	14,61	1,41	0,02	0,03	54,46	0,59	0,03	27,55	98,70	5	Estaurolita?
0,17	0,02	1,39	0,00	40,66	0,00	0,06	55,92	0,00	0,04	98,25	5	Perowskita?
0,25	0,02	1,32	0,03	41,15	0,05	0,07	55,95	0,00	0,03	98,86	5	Perowskita?
0,24	0,04	1,14	0,01	40,76	0,05	0,06	55,89	0,00	0,02	98,21	5	Perowskita?
0,20	0,03	1,22	0,03	39,99	0,00	0,05	56,96	0,01	0,06	98,55	5	Perowskita?
0,18	0,03	1,18	0,02	41,50	0,00	0,06	56,04	0,00	0,05	99,05	5	Perowskita?
0,15	0,02	1,02	0,02	41,15	0,11	0,05	56,32	0,00	0,04	98,87	5	Perowskita?
0,18	0,01	1,03	0,06	41,36	0,00	0,08	56,42	0,02	0,03	99,18	5	Perowskita?
0,11	0,01	1,20	0,04	41,70	0,01	0,03	56,13	0,02	0,04	99,28	5	Perowskita?
0,14	0,02	1,00	0,11	40,82	0,04	0,07	55,96	0,00	0,04	98,20	5	Perowskita?
0,00	0,00	13,59	1,95	0,02	0,06	52,62	0,39	0,01	27,69	96,33	5	Estaurolita?
0,02	0,01	13,73	2,05	0,00	0,05	53,43	0,49	0,06	27,86	97,70	5	Estaurolita?
0,02	0,00	14,14	1,93	0,00	0,06	53,28	0,59	0,03	27,61	97,65	5	Estaurolita?
0,26	0,00	1,14	0,01	40,93	0,03	0,06	56,56	0,00	0,04	99,02	B1	Ilmenita?
0,14	0,03	1,11	0,05	41,18	0,01	0,07	56,44	0,06	0,02	99,11	B1	Ilmenita?
0,16	0,01	1,22	0,00	41,54	0,01	0,08	56,13	0,08	0,01	99,23	B1	Ilmenita?
0,17	0,02	1,15	0,04	41,42	0,04	0,08	56,32	0,00	0,13	99,38	B1	Ilmenita?
0,00	0,00	14,56	2,00	0,00	0,05	52,46	0,53	0,00	27,45	97,06	B1	Estaurolita?
0,00	0,00	13,68	1,98	0,01	0,00	55,08	0,50	0,00	27,32	98,57	B1	Estaurolita?
0,02	0,01	13,78	1,95	0,00	0,09	55,39	0,56	0,00	27,39	99,18	B1	Estaurolita?
0,04	0,00	1,12	0,09	11,50	0,11	0,00	19,11	0,05	0,07	32,09	B1	Calzirtita?
0,26	0,02	0,97	0,01	40,59	0,02	0,08	56,44	0,00	0,02	98,41	B1	Ilmenita?
0,26	0,01	0,97	0,00	40,64	0,04	0,05	56,18	0,00	0,03	98,19	B1	Ilmenita?
0,28	0,04	0,93	0,00	40,82	0,02	0,01	57,11	0,00	0,05	99,25	B1	Ilmenita?
0,31	0,00	0,97	0,00	40,94	0,00	0,03	57,38	0,00	0,02	99,66	B1	Ilmenita?
0,02	0,00	0,80	0,04	11,76	0,04	0,11	15,40	0,11	0,04	28,31	B1	Calzirtita?
0,00	0,01	0,65	0,02	11,50	0,03	0,15	15,43	0,03	0,06	27,85	B1	Calzirtita?
0,02	0,00	0,56	0,06	11,69	0,03	0,06	17,08	0,07	0,04	29,60	B1	Calzirtita?
0,02	0,02	0,65	0,07	11,72	0,02	0,02	16,98	0,02	0,07	29,58	B1	Calzirtita?
0,04	0,00	0,74	0,07	11,34	0,05	0,17	15,09	0,00	0,04	27,54	B1	Calzirtita?
0,02	0,00	0,64	0,06	11,71	0,05	0,13	15,49	0,00	0,03	28,13	B1	Calzirtita?
0,00	0,00	38,32	11,41	0,00	0,06	4,95	7,69	35,42	0,06	97,92	B2	Cr-Espinelio?
0,01	0,02	39,72	11,26	0,04	0,15	4,77	7,37	35,07	0,07	98,48	B2	Cr-Espinelio?
Na2O	K2O	FeO	MgO	CaO	MnO	Al2O3	TiO2	Cr2O3	SiO2	Total	Ponto	

0,06	0,09	63,28	8,14	0,05	0,35	1,32	15,39	1,60	0,11	90,39	B2	Fe-Ti-Oxido
0,14	0,07	63,05	8,96	0,00	0,38	1,13	17,38	1,80	0,07	92,96	B2	Fe-Ti-Oxido
0,00	0,00	70,63	6,03	0,00	0,24	0,95	22,23	1,16	0,06	101,29	B2	Fe-Ti-Oxido
0,25	0,01	1,04	0,01	41,21	0,00	0,04	56,59	0,00	0,02	99,17	B2	Perowskita?
0,25	0,01	1,21	0,00	41,35	0,00	0,04	56,06	0,01	0,03	98,95	B2	Perowskita?
0,27	0,02	1,04	0,01	40,80	0,01	0,05	56,21	0,00	0,05	98,46	B2	Perowskita?
0,02	0,00	13,47	2,21	0,01	0,22	54,07	0,66	0,00	27,04	97,70	B2	Estaurolita?
0,03	0,00	13,14	2,21	0,01	0,26	54,28	0,66	0,15	26,99	97,72	B2	Estaurolita?
0,01	0,01	65,49	7,70	0,01	0,25	1,10	17,23	0,63	0,09	92,53	B3	Fe-Ti-Oxido
0,03	0,03	66,35	8,50	0,00	0,31	1,50	16,38	0,55	0,04	93,69	B3	Fe-Ti-Oxido
0,04	0,03	69,43	6,98	0,03	0,46	1,05	15,07	0,66	0,06	93,81	B3	Fe-Ti-Oxido
0,04	0,06	70,56	7,13	0,01	0,28	1,00	13,99	1,63	0,07	94,75	B3	Fe-Ti-Oxido
0,14	0,59	65,04	8,35	0,03	0,38	3,42	14,32	2,08	0,11	94,45	B3	Fe-Ti-Oxido
0,03	0,15	68,75	7,55	0,01	0,21	1,07	14,57	1,59	0,03	93,95	B3	Fe-Ti-Oxido
0,32	0,01	1,12	0,03	39,15	0,00	0,04	54,87	0,00	0,05	95,59	1	Perowskita?
0,29	0,02	1,10	0,03	39,01	0,00	0,07	55,96	0,00	0,02	96,51	1	Perowskita?
0,31	0,02	1,20	0,02	39,04	0,00	0,08	56,17	0,05	0,01	96,90	1	Perowskita?
0,24	0,01	0,89	0,03	39,52	0,00	0,09	55,66	0,00	0,03	96,45	1	Perowskita?
0,28	0,04	1,01	0,02	41,22	0,02	0,03	56,89	0,00	0,03	99,54	1	Perowskita?
0,26	0,01	0,93	0,02	41,20	0,00	0,03	55,73	0,00	0,03	98,20	1	Perowskita?
0,24	0,02	1,05	0,03	40,50	0,02	0,08	56,52	0,00	0,00	98,45	1	Perowskita?
0,29	0,02	1,00	0,00	40,59	0,00	0,10	56,77	0,01	0,02	98,80	1	Perowskita?
0,24	0,02	1,21	0,01	40,81	0,00	0,06	56,22	0,04	0,05	98,67	1	Perowskita?
0,26	0,01	1,27	0,00	40,87	0,00	0,06	55,58	0,00	0,05	98,10	1	Perowskita?
0,18	0,00	1,15	0,06	41,44	0,00	0,08	56,23	0,00	0,06	99,19	1	Perowskita?
0,16	0,01	0,91	0,00	41,47	0,04	0,05	56,08	0,02	0,02	98,75	1	Perowskita?
0,20	0,03	1,23	0,00	41,08	0,05	0,08	55,85	0,00	0,03	98,55	1	Perowskita?
0,23	0,02	0,67	0,02	32,70	0,03	0,00	44,86	0,87	0,13	79,53	1	Perowskita?
0,26	0,01	0,46	0,00	32,18	0,03	0,00	43,00	0,56	0,13	76,63	1	Perowskita?
0,22	0,02	0,51	0,00	32,29	0,05	0,00	50,79	1,03	0,14	85,04	1	Perowskita?
0,00	0,00	0,68	0,10	11,41	0,04	0,17	14,93	0,00	0,04	27,37	3	Calzirtita?
0,04	0,00	0,68	0,08	11,71	0,04	0,16	15,03	0,07	0,06	27,88	3	Calzirtita?
0,00	0,01	0,80	0,08	11,53	0,10	0,12	15,32	0,03	0,04	28,03	3	Calzirtita?
0,00	0,00	0,95	0,11	11,31	0,08	0,18	14,53	0,00	0,05	27,21	3	Calzirtita?
0,03	0,01	0,67	0,08	11,23	0,01	0,16	14,59	0,00	0,07	26,85	3	Calzirtita?
0,00	0,01	0,91	0,07	11,51	0,09	0,14	14,32	0,00	0,04	27,08	3	Calzirtita?
0,03	0,00	1,22	0,14	11,38	0,17	0,16	13,16	0,06	0,05	26,36	3	Calzirtita?
0,00	0,00	1,24	0,14	11,43	0,10	0,20	13,27	0,00	0,05	26,42	3	Calzirtita?

**ANEXO 5:** Análises do concentrado de minerais pesados do Rio Borrachudo.

No.	MgO	TiO2	FeO	Al2O3	MnO	Cr2O3	Total	Comment	
1	8,70	49,66	41,64	0,03	0,45	1,24	101,72	MC-1.5-1	Ilmenita
	8,70	49,26	41,45	0,07	0,54	1,01	101,03	MC-1.5-2	Ilmenita
	8,63	49,06	41,13	0,05	0,47	1,14	100,49	MC-1.5-3	Ilmenita
2	11,34	51,82	36,94	0,10	0,55	0,13	100,87	MC-1.6-1	Ilmenita
	9,42	49,08	40,37	0,06	0,51	0,10	99,55	MC-1.6-2	Ilmenita
	6,23	53,80	37,12	0,10	0,38	0,08	97,71	MC-1.6-3	Ilmenita
10	2,04	0,57	14,56	52,79	0,16	0,08	70,20	MC-1.7-1	estauroлита?
11	1,99	0,59	13,53	53,50	0,10	0,09	69,79	MC-1.7-2	estauroлита?
12	2,08	0,56	13,26	55,74	0,11	0,04	71,80	MC-1.7-3	estauroлита?
3	8,23	49,23	43,19	0,03	0,55	0,12	101,35	MC-1.8-1	Ilmenita
	8,17	49,03	42,67	0,08	0,52	0,01	100,46	MC-1.8-2	Ilmenita
	8,13	49,36	41,66	0,05	0,57	0,14	99,90	MC-1.8-3	Ilmenita
16	1,33	6,26	80,92	0,25	0,82	0,08	89,65	MC-2.1-1	Ti-magnetita
17	0,59	6,12	85,41	0,10	0,75	0,10	93,06	MC-2.1-2	Ti-magnetita
18	0,86	7,18	75,69	0,35	0,59	0,03	84,69	MC-2.1-3	Ti-magnetita
4	7,86	47,28	45,12	0,06	0,46	0,00	100,78	MC-2.2-1	Ilmenita
	7,93	46,56	45,02	0,05	0,49	0,05	100,08	MC-2.2-2	Ilmenita
	7,66	45,33	46,16	0,07	0,51	0,00	99,74	MC-2.2-3	Ilmenita
5	7,17	48,08	45,53	0,12	0,56	0,16	101,61	MC-2.3-1	Ilmenita
	7,20	47,91	44,58	0,08	0,53	0,06	100,35	MC-2.3-2	Ilmenita
	7,33	47,47	44,79	0,03	0,50	0,02	100,14	MC-2.3-3	Ilmenita
25	5,60	11,14	72,00	1,44	0,37	0,47	91,01	MC-2.4-1	Ti-magnetita
26	7,48	14,86	67,67	1,39	0,47	0,27	92,13	MC-2.4-2	Ti-magnetita
27	7,97	15,92	67,60	1,35	0,53	0,29	93,65	MC-2.4-3	Ti-magnetita
6	10,66	50,30	40,17	0,10	0,46	0,00	101,68	MC-2.5-1	Ilmenita
	10,13	49,86	41,12	0,11	0,42	0,03	101,67	MC-2.5-2	Ilmenita
	10,03	47,91	38,95	0,12	0,40	0,00	97,40	MC-2.5-3	Ilmenita
7	5,67	45,40	49,78	0,13	0,46	0,00	101,43	MC-2.6-1	Ilmenita
	5,46	43,95	49,64	0,12	0,47	0,11	99,76	MC-2.6-2	Ilmenita
	5,74	45,90	49,21	0,16	0,41	0,00	101,41	MC-2.6-3	Ilmenita
34	14,25	11,40	50,46	3,89	0,59	20,29	100,89	MC-2.7-1	Ti-Mg-cromita
35	13,81	11,23	50,97	3,82	0,67	20,73	101,22	MC-2.7-2	Ti-Mg-cromita
36	14,07	11,30	51,04	3,78	0,61	19,21	99,99	MC-2.7-3	Ti-Mg-cromita
	14,04	11,31	50,82	3,83	0,62	20,08	100,70		Ti-Mg-cromita
8	6,37	44,68	47,08	0,05	0,51	0,12	98,81	MC-2.8-1	Ilmenita
	6,84	47,20	46,82	0,07	0,44	0,03	101,40	MC-2.8-2	Ilmenita
	6,72	45,64	47,88	0,15	0,44	0,01	100,83	MC-2.8-3	Ilmenita
9	12,67	52,62	34,66	0,12	0,89	0,03	100,99	MC-2.9-1	Ilmenita
	6,23	67,55	25,92	0,10	0,42	0,06	100,29	MC-2.9-2	Ilmenita
	4,81	50,62	43,69	0,15	0,28	0,05	99,61	MC-2.9-3	Ilmenita
43	1,53	24,69	70,49	0,29	0,60	0,05	97,64	MC-3.1-1	Ti-magnetita
44	2,03	21,84	72,16	0,30	0,88	0,03	97,24	MC-3.1-2	Ti-magnetita
45	1,51	30,77	62,61	0,31	0,63	0,09	95,92	MC-3.1-3	Ti-magnetita
10	7,28	49,02	44,05	0,07	0,47	0,07	100,97	MC-3.2-1	Ilmenita
	7,22	47,06	43,42	0,11	0,47	0,00	98,27	MC-3.2-2	Ilmenita
	7,25	49,21	45,94	0,07	0,45	0,04	102,96	MC-3.2-3	Ilmenita
11	9,59	51,28	39,93	0,10	0,55	0,63	102,07	MC-3.3-1	Ilmenita
	9,66	50,61	40,99	0,11	0,49	0,48	102,33	MC-3.3-2	Ilmenita
	9,54	49,74	40,09	0,07	0,45	0,54	100,44	MC-3.3-3	Ilmenita
			FeO				Total	Comment	

No.	MgO	TiO2		Al2O3	MnO	Cr2O3			
12	4,03	44,62	51,09	0,14	0,51	0,11	100,49	MC-3.4-1	Ilmenita
	3,84	45,11	51,20	0,14	0,53	0,00	100,82	MC-3.4-2	Ilmenita
	3,93	44,66	51,58	0,14	0,55	0,12	100,98	MC-3.4-3	Ilmenita
55	0,04	47,71	1,23	0,11	0,02	0,05	49,16	MC-3.5-1	Titanita?
56	0,02	51,07	1,49	0,16	0,00	0,02	52,75	MC-3.5-2	Titanita?
57	0,03	50,39	1,15	0,17	0,00	0,00	51,75	MC-3.5-3	Titanita?
13	9,16	49,42	38,98	0,36	0,30	0,76	98,98	MC-3.6-2	Ilmenita
	9,26	48,29	40,89	0,39	0,27	0,77	99,87	MC-3.6-3	Ilmenita
14	6,96	47,05	43,79	0,04	0,39	1,39	99,62	MC-3.7-1	Ilmenita
	7,11	46,80	44,06	0,06	0,51	1,26	99,79	MC-3.7-2	Ilmenita
	6,93	46,68	44,65	0,05	0,41	1,48	100,20	MC-3.7-3	Ilmenita
15	7,59	47,90	45,59	0,06	0,43	0,05	101,61	MC-3.8-1	Ilmenita
	7,55	48,98	43,74	0,08	0,47	0,00	100,83	MC-3.8-2	Ilmenita
	7,77	48,10	44,64	0,07	0,38	0,00	100,95	MC-3.8-3	Ilmenita
67	12,41	10,04	44,80	3,60	0,65	27,86	99,35	MC-3.9-1	Ti-Mg-cromita
68	12,45	10,15	44,73	3,48	0,66	28,55	100,02	MC-3.9-2	Ti-Mg-cromita
69	12,37	10,22	43,48	3,51	0,63	28,89	99,11	MC-3.9-3	Ti-Mg-cromita
	12,43	10,09	44,76	3,54	0,66	28,20	99,68		Ti-Mg-cromita
16	8,16	48,91	43,91	0,12	0,44	0,02	101,57	MC-4.1-1	Ilmenita
	7,74	48,44	43,80	0,12	0,45	0,00	100,55	MC-4.1-2	Ilmenita
	8,03	48,81	43,79	0,10	0,38	0,00	101,12	MC-4.1-3	Ilmenita
17	6,41	45,38	47,84	0,26	0,36	0,36	100,61	MC-4.2-1	Ilmenita
	6,73	45,94	46,76	0,31	0,34	0,44	100,52	MC-4.2-2	Ilmenita
	6,38	46,23	48,60	0,27	0,41	0,18	102,06	MC-4.2-3	Ilmenita
18	6,88	47,99	45,16	0,07	0,48	0,04	100,61	MC-4.3-1	Ilmenita
	6,79	48,40	45,11	0,09	0,44	0,11	100,94	MC-4.3-2	Ilmenita
	6,90	48,78	44,18	0,15	0,45	0,08	100,54	MC-4.3-3	Ilmenita
19	10,76	48,71	39,55	0,12	0,52	0,01	99,67	MC-4.4-1	Ilmenita
	10,92	50,46	38,68	0,13	0,47	0,13	100,78	MC-4.4-2	Ilmenita
	10,52	49,33	39,84	0,13	0,43	0,09	100,35	MC-4.4-3	Ilmenita
20	7,16	48,18	44,53	0,12	0,60	0,00	100,59	MC-4.5-1	Ilmenita
	7,27	47,61	45,05	0,09	0,62	0,00	100,64	MC-4.5-2	Ilmenita
	6,98	47,51	45,03	0,10	0,62	0,07	100,30	MC-4.5-3	Ilmenita
85	5,29	16,26	71,22	0,96	0,41	0,14	94,27	MC-4.6-1	Ti-magnetita
86	14,59	6,29	68,64	4,93	0,60	0,13	95,19	MC-4.6-2	Ti-magnetita
87	7,62	11,13	73,97	1,59	0,41	0,11	94,81	MC-4.6-3	Ti-magnetita
21	9,69	47,93	43,58	0,09	0,40	0,53	102,22	MC-4.7-1	ilmenita
	9,31	47,08	41,56	0,17	0,40	0,59	99,10	MC-4.7-2	ilmenita
	9,26	47,38	41,24	0,13	0,36	0,65	99,01	MC-4.7-3	ilmenita
22	11,14	50,43	36,45	0,14	0,42	1,82	100,40	MC-4.8-1	ilmenita
	10,79	49,14	37,15	0,10	0,41	1,79	99,38	MC-4.8-2	ilmenita
	10,32	47,22	37,23	0,10	0,40	1,59	96,85	MC-4.8-3	ilmenita
23	9,18	50,51	40,20	0,09	0,47	0,09	100,54	MC-4.9-1	ilmenita
	8,89	48,85	40,73	0,08	0,50	0,15	99,21	MC-4.9-2	ilmenita
	8,44	47,28	42,25	0,11	0,49	0,08	98,65	MC-4.9-3	ilmenita
24	8,38	48,96	40,33	0,08	0,45	0,91	99,11	MC-5.1-1	ilmenita
	8,40	49,79	38,61	0,06	0,44	0,79	98,08	MC-5.1-2	ilmenita
	8,64	49,41	39,40	0,10	0,44	0,92	98,90	MC-5.1-3	ilmenita
25	8,04	46,31	42,11	0,09	0,50	0,07	97,14	MC-5.2-1	ilmenita
	8,24	48,24	42,35	0,11	0,48	0,04	99,45	MC-5.2-2	ilmenita
	8,24	47,63	42,91	0,09	0,51	0,00	99,38	MC-5.2-3	ilmenita
No.	MgO	TiO2	FeO	Al2O3	MnO	Cr2O3	Total	Comment	

103	15,40	10,64	48,55	4,30	0,66	21,40	100,96	MC-5.3-1	Mg-cromita?
104	14,70	10,50	49,26	4,23	0,66	20,70	100,06	MC-5.3-2	Mg-cromita?
105	14,62	10,52	47,43	4,37	0,66	21,67	99,25	MC-5.3-3	Mg-cromita?
26	6,53	46,50	46,78	0,12	0,60	0,05	100,58	MC-5.4-2	Ilmenita
	6,45	47,71	44,95	0,10	0,52	0,01	99,73	MC-5.4-3	Ilmenita
109	0,03	48,17	1,62	0,15	0,02	0,00	49,99	MC-5.5-1	Titanita?
110	0,02	50,35	1,62	0,19	0,00	0,00	52,18	MC-5.5-2	Titanita?
111	0,04	49,15	1,73	0,17	0,00	0,00	51,08	MC-5.5-3	Titanita?
27	10,97	49,58	36,55	0,10	0,47	1,51	99,17	MC-5.6-1	Ilmenita
	11,28	50,73	35,80	0,07	0,39	1,52	99,79	MC-5.6-2	Ilmenita
	11,32	52,37	35,29	0,07	0,41	1,63	101,09	MC-5.6-3	Ilmenita
28	8,60	50,90	39,97	0,04	0,58	0,14	100,22	MC-5.7-1	Ilmenita
	8,58	51,02	40,18	0,01	0,53	0,15	100,47	MC-5.7-2	Ilmenita
	8,62	50,92	40,01	0,03	0,48	0,23	100,28	MC-5.7-3	Ilmenita
29	2,05	44,19	51,70	0,10	1,15	0,02	99,22	MC-5.8-1	Ilmenita
	2,07	43,45	54,21	0,06	1,16	0,14	101,10	MC-5.8-2	Ilmenita
	2,09	43,52	54,66	0,10	1,17	0,05	101,59	MC-5.8-3	Ilmenita
30	10,08	49,23	40,06	0,11	0,44	0,46	100,39	MC-5.9-1	Ilmenita
	9,86	48,71	39,54	0,09	0,36	0,54	99,09	MC-5.9-2	Ilmenita
	9,87	49,31	39,95	0,04	0,39	0,63	100,18	MC-5.9-3	Ilmenita
31	9,95	54,72	35,55	0,00	1,01	0,08	101,31	MC-6.1-1	Ilmenita
	9,71	53,99	34,98	0,00	1,03	0,00	99,70	MC-6.1-2	Ilmenita
	9,79	53,64	36,66	0,01	1,00	0,08	101,18	MC-6.1-3	Ilmenita
127	11,76	11,41	45,02	3,98	0,65	24,48	97,29	MC-6.2-1	Mg-Ti-cromita
128	11,66	11,30	45,85	3,88	0,57	24,64	97,90	MC-6.2-2	Mg-Ti-cromita
129	11,43	11,14	46,35	3,81	0,62	23,82	97,17	MC-6.2-3	Mg-Ti-cromita
32	9,63	50,88	39,28	0,07	0,51	0,43	100,79	MC-6.3-1	Ilmenita
	9,47	50,68	38,72	0,08	0,51	0,29	99,75	MC-6.3-2	Ilmenita
	9,40	51,15	38,02	0,08	0,53	0,20	99,37	MC-6.3-3	Ilmenita
33	10,37	49,62	39,20	0,13	0,40	0,46	100,18	MC-6.4-1	Ilmenita
	10,29	48,12	39,34	0,17	0,43	0,51	98,85	MC-6.4-2	Ilmenita
	10,32	48,60	40,06	0,17	0,31	0,55	100,00	MC-6.4-3	Ilmenita
136	8,34	8,97	74,13	1,70	0,50	0,00	93,63	MC-6.5-1	Ti-magnetita
137	4,53	18,03	69,07	0,73	0,41	0,04	92,81	MC-6.5-2	Ti-magnetita
138	8,10	8,59	74,15	2,26	0,43	0,00	93,53	MC-6.5-3	Ti-magnetita
139	6,31	11,72	71,15	1,14	0,33	0,75	91,40	MC-6.6-1	Mg-Ti-magnetita
140	8,37	9,86	70,43	2,14	0,39	1,69	92,88	MC-6.6-2	Mg-Ti-magnetita
141	7,35	13,55	68,53	0,72	0,45	0,54	91,13	MC-6.6-3	Mg-Ti-magnetita
142	4,69	10,77	74,30	0,75	0,56	0,46	91,53	MC-6.7-1	Ti-magnetita
143	5,01	9,62	76,05	0,80	0,53	0,68	92,69	MC-6.7-2	Ti-magnetita
144	5,35	24,83	60,16	0,74	0,39	0,58	92,05	MC-6.7-3	Ti-magnetita
34	9,22	46,63	41,35	0,11	0,32	1,26	98,89	MC-6.8-1	ilmenita
	9,48	48,16	39,74	0,03	0,40	1,31	99,13	MC-6.8-2	ilmenita
	9,51	48,13	40,38	0,12	0,43	1,33	99,88	MC-6.8-3	ilmenita
35	3,67	44,83	50,32	0,08	0,57	0,08	99,55	MC-6.9-1	ilmenita
	3,70	45,49	50,51	0,10	0,55	0,04	100,38	MC-6.9-2	ilmenita
	3,64	46,46	48,96	0,08	0,59	0,13	99,86	MC-6.9-3	ilmenita
151	8,71	19,57	63,46	0,78	0,43	0,83	93,77	MC-7.1-1	Ti-magnetita
152	7,70	18,52	63,75	0,91	0,39	0,43	91,71	MC-7.1-2	Ti-magnetita
153	7,12	14,13	65,50	3,53	0,43	0,84	91,55	MC-7.1-3	Ti-magnetita
36	10,38	52,55	35,60	0,07	0,45	1,26	100,31	MC-7.2-1	Ilmenita
No.	MgO	TiO2	FeO	Al2O3	MnO	Cr2O3	Total	Comment	
	10,06	51,62	36,94	0,09	0,51	1,06	100,28	MC-7.2-2	Ilmenita

	10,28	51,94	36,79	0,06	0,44	1,26	100,78	MC-7.2-3	Ilmenita
37	8,69	47,15	40,48	0,09	0,35	1,58	98,33	MC-7.3-1	Ilmenita
	8,18	46,51	42,15	0,07	0,33	1,27	98,51	MC-7.3-2	Ilmenita
	8,10	46,62	43,33	0,07	0,30	1,65	100,07	MC-7.3-3	Ilmenita
38	5,77	47,36	46,46	0,18	0,58	0,04	100,38	MC-7.4-1	Ilmenita
	5,62	47,72	45,76	0,05	0,54	0,07	99,76	MC-7.4-2	Ilmenita
	5,59	48,35	45,20	0,13	0,56	0,07	99,90	MC-7.4-3	Ilmenita
39	6,96	47,24	44,69	0,12	0,43	0,09	99,54	MC-7.5-1	Ilmenita
	6,93	47,49	43,71	0,11	0,47	0,07	98,77	MC-7.5-2	Ilmenita
	6,91	47,28	44,97	0,15	0,46	0,03	99,80	MC-7.5-3	Ilmenita
40	9,55	49,88	39,01	0,17	0,32	1,40	100,33	MC-7.6-2	Ilmenita
	9,68	50,01	38,67	0,16	0,33	1,27	100,11	MC-7.6-3	Ilmenita
41	10,84	49,74	37,43	0,22	0,37	0,94	99,55	MC-7.7-2	Ilmenita
	10,98	50,03	36,85	0,19	0,38	0,86	99,29	MC-7.7-3	Ilmenita
42	8,93	50,36	38,13	0,13	0,34	0,19	98,08	MC-7.8-1	Ilmenita
	9,85	49,86	38,66	0,17	0,43	0,08	99,04	MC-7.8-2	Ilmenita
	9,24	50,13	40,47	0,13	0,41	0,08	100,45	MC-7.8-3	Ilmenita
43	10,69	49,15	36,15	0,10	0,43	1,89	98,40	MC-7.9-1	Ilmenita
	11,26	49,67	36,31	0,14	0,35	2,12	99,85	MC-7.9-2	Ilmenita
	10,65	49,94	36,46	0,12	0,36	1,82	99,34	MC-7.9-3	Ilmenita
178	4,45	9,44	69,62	0,90	0,33	1,38	86,13	MC-8.1-1	Ti-magnetita
179	9,21	31,41	48,26	1,80	0,31	1,10	92,08	MC-8.1-2	Ti-magnetita
180	2,82	39,49	44,22	0,84	0,37	0,71	88,45	MC-8.1-3	Ti-magnetita
44	7,25	49,82	42,08	0,02	0,55	0,24	99,96	MC-8.2-1	Ilmenita
	7,32	50,84	42,14	0,08	0,61	0,22	101,21	MC-8.2-2	Ilmenita
	7,34	50,20	41,16	0,08	0,48	0,10	99,37	MC-8.2-3	Ilmenita
184	13,50	11,30	50,51	4,11	0,57	19,00	98,99	MC-8.3-1	Ti-Mg-cromita
185	13,17	10,94	51,14	3,95	0,62	18,82	98,65	MC-8.3-2	Ti-Mg-cromita
186	13,05	10,85	52,14	3,97	0,66	19,18	99,86	MC-8.3-3	Ti-Mg-cromita
187	11,32	10,41	48,63	3,42	0,76	25,64	100,18	MC-8.4-1	Ti-Mg-cromita
188	11,68	10,59	46,91	3,36	0,71	26,07	99,32	MC-8.4-2	Ti-Mg-cromita
189	11,29	10,45	46,28	3,24	0,72	25,71	97,69	MC-8.4-3	Ti-Mg-cromita
190	1,74	0,72	15,33	55,18	0,05	0,13	73,14	MC-8.5-1	granada?
191	1,71	0,63	15,31	55,40	0,08	0,09	73,21	MC-8.5-2	granada?
192	1,70	0,57	14,30	54,14	0,01	0,11	70,83	MC-8.5-3	granada?
45	7,36	46,09	47,84	0,28	0,38	0,04	101,99	MC-8.6-1	Ilmenita
	6,92	45,42	47,46	0,27	0,45	0,10	100,61	MC-8.6-2	Ilmenita
	7,16	47,00	44,31	0,29	0,39	0,00	99,14	MC-8.6-3	Ilmenita
46	11,86	50,49	35,62	0,11	0,39	0,50	98,96	MC-8.7-1	Ilmenita
	10,65	49,89	38,59	0,11	0,28	0,49	100,01	MC-8.7-2	Ilmenita
	10,91	49,61	38,54	0,14	0,39	0,56	100,13	MC-8.7-3	Ilmenita
199	0,99	9,32	80,58	0,06	0,62	0,06	91,63	MC-8.8-1	Ti-magnetita
200	1,87	4,56	84,44	0,09	1,09	0,00	92,04	MC-8.8-2	Ti-magnetita
201	1,60	4,55	84,35	0,10	0,61	0,00	91,20	MC-8.8-3	Ti-magnetita
47	3,97	42,94	51,21	0,16	0,56	0,06	98,90	MC-8.9-1	Ilmenita
	4,01	44,62	50,79	0,11	0,58	0,00	100,11	MC-8.9-2	Ilmenita
	4,06	44,32	51,47	0,10	0,51	0,08	100,53	MC-8.9-3	Ilmenita
205	7,03	13,78	71,28	1,40	0,73	0,00	94,22	MC-9.1-1	Ti-magnetita
206	5,94	12,86	71,40	1,39	0,62	0,07	92,28	MC-9.1-2	Ti-magnetita
207	6,27	37,45	46,60	1,15	0,40	0,02	91,88	MC-9.1-3	Ti-magnetita
No.	MgO	TiO2	FeO	Al2O3	MnO	Cr2O3	Total	Comment	
208	11,33	7,74	38,41	5,02	0,92	36,01	99,42	MC-9.2-1	Ti-Mg-cromita
209	12,29	7,75	37,24	4,98	0,87	36,48	99,59	MC-9.2-2	Ti-Mg-cromita

210	9,03	7,76	39,29	4,69	0,99	36,41	98,17	MC-9.2-3	Ti-Mg-cromita
47	6,43	50,11	43,27	0,03	0,56	0,05	100,44	MC-9.3-2	Ilmenita
	6,22	49,99	43,51	0,04	0,46	0,00	100,21	MC-9.3-3	Ilmenita
49	11,23	49,58	37,39	0,11	0,40	1,86	100,56	MC-9.4-1	Ilmenita
	11,29	49,64	36,70	0,11	0,36	1,64	99,73	MC-9.4-2	Ilmenita
	11,51	50,27	34,71	0,12	0,39	1,88	98,87	MC-9.4-3	Ilmenita
50	8,32	49,47	40,47	0,03	0,30	1,52	100,12	MC-9.5-1	ilmenita
	8,33	49,32	40,95	0,07	0,35	1,54	100,55	MC-9.5-2	ilmenita
	8,25	49,03	40,66	0,02	0,37	1,22	99,54	MC-9.5-3	ilmenita
51	6,67	45,54	46,56	0,16	0,66	0,01	99,59	MC-9.6-1	ilmenita
	6,15	45,68	47,65	0,24	0,62	0,08	100,40	MC-9.6-2	ilmenita
	5,75	46,45	46,36	0,15	0,60	0,00	99,32	MC-9.6-3	ilmenita
223	4,85	20,20	61,75	0,99	0,37	2,40	90,57	MC-9.7-1	Ti-magnetita
224	5,06	9,75	76,88	0,97	0,25	2,71	95,61	MC-9.7-2	Ti-magnetita
225	5,93	13,61	74,17	0,87	0,33	1,67	96,58	MC-9.7-3	Ti-magnetita
52	6,58	47,54	44,65	0,10	0,46	0,02	99,35	MC-9.8-1	ilmenita
	6,64	47,49	45,60	0,08	0,54	0,07	100,42	MC-9.8-2	ilmenita
	6,52	47,57	45,83	0,09	0,52	0,02	100,56	MC-9.8-3	ilmenita
229	0,03	91,37	1,28	0,13	0,01	0,00	92,82	MC-9.9-1	Rutilo?
230	0,01	89,70	1,70	0,06	0,00	0,12	91,59	MC-9.9-2	Rutilo?
231	0,00	90,87	1,54	0,08	0,00	0,03	92,51	MC-9.9-3	Rutilo?
53	10,95	50,44	37,62	0,10	0,48	1,67	101,26	MC-10.2-1	ilmenita
	10,93	50,76	36,70	0,08	0,40	1,70	100,57	MC-10.2-2	ilmenita
	10,63	50,93	36,45	0,05	0,51	1,29	99,86	MC-10.2-3	ilmenita
54	9,98	48,95	39,25	0,43	0,30	0,96	99,86	MC-10.3-1	ilmenita
	9,66	49,01	39,75	0,44	0,26	0,90	100,01	MC-10.3-2	ilmenita
	10,22	48,84	39,80	0,44	0,24	0,64	100,16	MC-10.3-3	ilmenita
55	6,51	46,57	45,41	0,06	0,41	0,85	99,81	MC-10.4-1	ilmenita
	6,33	45,80	46,67	0,00	0,43	0,75	99,97	MC-10.4-2	ilmenita
	6,42	48,27	43,26	0,00	0,38	0,96	99,30	MC-10.4-3	ilmenita
56	6,27	46,15	46,93	0,21	0,59	0,03	100,18	MC-10.5-1	ilmenita
	6,37	45,79	48,02	0,21	0,49	0,01	100,90	MC-10.5-2	ilmenita
	6,27	45,28	48,59	0,21	0,46	0,08	100,89	MC-10.5-3	ilmenita
244	5,93	11,26	73,04	1,29	0,36	1,97	93,84	MC-10.6-1	Mg-Ti-magnetita
245	5,34	10,47	70,92	1,25	0,40	4,20	92,57	MC-10.6-2	Mg-Ti-magnetita
246	5,29	12,17	71,42	1,32	0,28	1,17	91,65	MC-10.6-3	Mg-Ti-magnetita
57	4,87	48,70	45,34	0,10	0,54	0,17	99,71	MC-10.7-1	ilmenita
	4,27	54,60	39,57	0,10	0,47	0,14	99,14	MC-10.7-2	ilmenita
	4,60	51,38	41,87	0,06	0,57	0,07	98,56	MC-10.7-3	ilmenita
250	5,61	12,06	74,47	0,73	0,57	0,02	93,45	MC-10.8-1	Mg-Ti-magnetita
251	5,08	12,75	73,83	0,74	0,65	0,00	93,05	MC-10.8-2	Mg-Ti-magnetita
252	3,80	8,57	80,81	0,64	0,55	0,09	94,46	MC-10.8-3	Mg-Ti-magnetita