

# GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E MINERALOGIA COMPARATIVA ENTRE AS INTRUSÕES DIAMANTÍFERAS CANASTRA-1 E ABEL RÉGIS (MINAS GERAIS)

Mario Luiz de Sá Carneiro CHAVES<sup>1</sup>, Kerley Wanderson ANDRADE<sup>2</sup>, Ivo Antônio DUSSIN<sup>3</sup>, Andrezza de Almeida AZZI<sup>4</sup>

- (1) Centro de Pesquisa Prof. Manoel Teixeira da Costa, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus da Pampulha, Belo Horizonte - MG, CEP 31.270-010. E-mail: mchaves@ufmg.br
- (2) Mestrando em Geologia Econômica, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais e GEOMIL – Serviços de Mineração Ltda. E-mail: kerley@geomil.com.br
- (3) Pesquisador Visitante, CMG-CPEGeo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. E-mail: ivodusin@yahoo.com.br
- (4) Mestranda em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. E-mail: andrezzazzi@gmail.com

Introdução  
Síntese geológica regional  
Localização dos corpos  
Contexto geológico  
Kimberlito Canastra-1  
Geologia  
Petrografia e geoquímica  
Química mineral  
Intrusão Abel Régis  
Geologia e geocronologia  
Petrografia e geoquímica  
Química mineral  
Discussões sobre a geoquímica e química mineral das intrusões  
Conclusão  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** - Centenas de intrusões alcalino-ultrabásicas ocorrem na região sul-sudoeste de Minas Gerais. Duas destas intrusões, portadoras de diamantes e conhecidas como “Canastra-1” e “Abel Régis”, foram estudadas em detalhe visando seus aspectos geológicos, geoquímicos e mineralógicos. A segunda foi ainda objeto de datação LA-MC-ICP-MS em zircão. Em termos geológicos, tais intrusões exibem diferenças morfológicas significantes: a forma superficial do Canastra-1 é irregular e de pequena dimensão (150 m de comprimento maior), enquanto o Abel Régis é circular e de grande diâmetro (~1,4 km), as quais representam, respectivamente, fácies de raiz e de cratera. A geoquímica dessas intrusões apresentou características peculiares, principalmente quanto aos álcalis: o *pipe* Canastra-1 é empobrecido em Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O, óxidos que possuem conteúdos significantes no *pipe* Abel Régis, este datado em 86,1 ±4,5Ma. Os aspectos mineralógicos das fases indicadoras de diamantes também são bastante distintos: a abundância em Cr-espinélio, bem como a presença de sanidina e a química mineral de ilmenita e diopsídio, são indicadores de uma possível “tendência” lampróitica para o *pipe* Abel Régis, enquanto o Canastra-1 possui aspectos geoquímicos e mineralógicos de um kimberlito clássico.

**Palavras-chave:** diamante, kimberlito Canastra-1, intrusão Abel Régis, Minas Gerais.

**ABSTRACT** - Hundreds of alkaline-ultrabasic intrusions occur in the south-southwestern region of Minas Gerais state. Two of these intrusions, both diamondiferous, were studied in detail evolving their geological, geochemical and mineralogical aspects. The second was still a subject of LA-MC-ICP-MS dating in zircon. In the geologic aspect, such intrusions present significant morphological differences: the Canastra-1 surface

is distorted and of little dimension (150 m in length), while the Abel Régis has large circular diameter (1.4 km); the first presenting root facies, and the other crater facies. The rock chemistry of these intrusions shows peculiar characteristics, mainly related to the alkaline elements: the Canastra-1 pipe is depleted in Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O, oxides that have significant contents in the Abel Régis pipe. This pipe has been dated in 86.1 ±4.5My. Mineralogical aspects of the diamond indicator phases also were distinct: abundance of Cr-spinel, besides the presence of sanidine, and the mineral chemistry of ilmenite and diopside, indicate a possible lamproitic “tendency” to the Abel Régis pipe, while the Canastra-1 has geochemical and mineralogical features of a typical kimberlite.

**Keywords:** diamond, Canastra-1 kimberlite, Abel Régis intrusion, Minas Gerais State.

## INTRODUÇÃO

A partir do final da década de 1960, campanhas prospectivas sistemáticas envolvendo a região oeste de Minas Gerais levaram ao encontro de dezenas de intrusões de natureza kimberlítica ou petrograficamente relacionadas. Os detalhamentos e posterior divulgação de parte de tais pesquisas tornaram público os resultados sobre a geologia de diversos desses corpos, alguns deles considerados diamantíferos, porém a teores antieconômicos ou mesmo sendo alvos de muitas especulações quanto aos seus reais potenciais (Svisero et al., 1984; Tompkins & Gonzaga, 1989).

Duas dessas intrusões têm recebido atenção especial, em termos tanto técnicos quanto científicos, e serão tratadas nesse trabalho. O kimberlito Canastra-1 destaca-se por ser o primeiro *pipe* no Brasil cujos resultados prospectivos indicaram reservas de diamantes mineráveis em termos econômicos, enquanto a intrusão ultrabásica Abel Régis, também mineralizada embora, provavelmente, a nível não econômico, se caracteriza por sua dimensão

circular notável, com cerca de 1,4 km de diâmetro, muito rara entre os corpos dessa região (Chaves et al., 2008a; 2009).

Conquanto as exposições superficiais presentes em ambas as intrusões encontrem-se fortemente intemperizadas, o acesso a amostras de testemunhos de sondagem cedidas pela então concessionária das pesquisas (SAMSUL Mineração) permitiu a obtenção de análises geoquímicas das rochas hospedeiras da mineralização. De tal maneira, o presente estudo tem por objetivo fazer um detalhamento comparativo entre geologia, petrografia/geoquímica das rochas e mineralogia das principais fases indicadoras de diamantes presentes em tais intrusões.

A descrição geológica e econômica do kimberlito Canastra-1 teve resultados preliminares divulgados em Chaves et al. (2008a, b). A intrusão Abel Régis, nesses mesmos aspectos, foi previamente alvo de estudos geológicos e mineralógicos detalhados por Chaves et al. (2009) e Thomaz (2009).

## SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL

### LOCALIZAÇÃO DOS CORPOS

O kimberlito Canastra-1 está situado na porção sudoeste da Serra da Canastra (Figura 1), município de São Roque de Minas (UTM-GPS 338200E/7749850N, zona 23). Ele pode ser acessado desde Belo Horizonte pela MG-050 até Pium-hi, daí em direção a Vargem Bonita e depois, por estradas de terra em direção à Cachoeira da Casca d’Anta, atingindo São José do Barreiro, e por fim a área de pesquisa. A intrusão Abel Régis localiza-se a cerca de 160 km ao sul (Figura 1), no município de Carmo do Paranaíba (UTM-GPS 349400E/7901500N, zona 23); seu acesso principal pode ser feito pela BR-262 até Luz, e

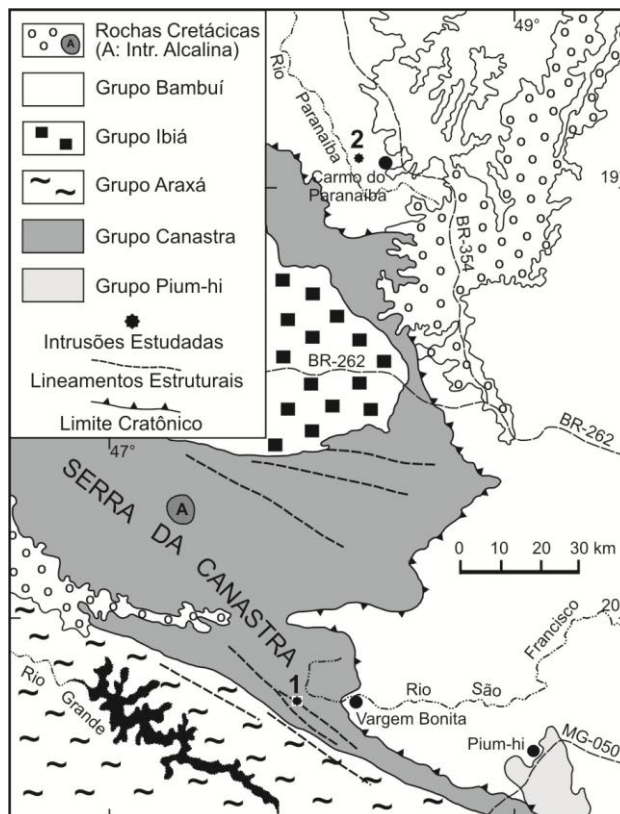
daí pela BR-354 em direção a Patos de Minas; o corpo está situado na fazenda homônima nas proximidades dessa última estrada.

### CONTEXTO GEOLÓGICO

A geologia da região oeste de Minas Gerais é essencialmente representada por um arcabouço meso-neoproterozóico, constituído por faixas de sequências metassedimentares (grupos Canastra, Araxá e Ibiá). Rochas arqueanas limitam-se ao *greestone belt* de Pium-hi (Figura 1). Essas unidades integram a Faixa de Dobramentos Brasília, desenvolvida durante o Ciclo Brasileiro (630-490 Ma) e estão cavalgadas de oeste para leste em direção ao Cráton São Francisco (Alkmim et al., 1993).

Na zona cratônica, ocorre o Grupo Bambuí, também neoproterozóico, bem como coberturas fanerozóicas dos grupos Areado e Mata da Corda, respectivamente do Cretáceo Inferior e Superior (sínteses sobre a geologia regional são encontradas em Barbosa et al., 1970; Campos et

al., 1997a, b; Sgarbi, 2000). O kimberlito Canastra-1 encaixa-se nos quartzitos do Grupo Canastra, em domínio *off*-cráton, enquanto a intrusão Abel Régis atravessa metapelitos do Grupo Bambuí em zona de margem cratônica.



**Figura 1.** Geologia da região oeste-sudoeste de Minas Gerais (modificada de Heineck et al., 2003), mostrando a localização das intrusões estudadas (1) Canastra-1 e (2) Abel Régis.

### KIMBERLITO CANASTRA-1

Na região da Serra da Canastra a pesquisa de kimberlitos iniciou-se nos primórdios da década de 1970, tendo como alvo principal a zona das cabeceiras do Rio São Francisco, onde desde 1937 se conhecem ocorrências aluvionares de diamantes nos arredores de Vargem Bonita. Prospecção aluvionar de minerais indicadores levou à descoberta, em 1974, do kimberlito Canastra-1 pelo BRGM do governo francês. Entretanto, a pesquisa nessa época se limitou ao setor NW da intrusão, que possui teores desprezíveis em diamantes. Em 1989, nova fase de pesquisas pela SAMSUL (De Beers) encontrou na parte SE do corpo grande quantidade de microdiamantes, cubado no período 1992-98. Em 2001, foi protocolado no DNPM o Relatório Final de Pesquisa que concluía pelas viabilidades técnica e econômica

para a exploração de diamantes. No ano seguinte a SAMSUL foi adquirida pelo grupo canadense Black Swan Resources, criando-se a Brazilian Diamonds, que tentou junto aos órgãos competentes a permissão das atividades de lavra, abandonando o país em 2009.

### GEOLOGIA

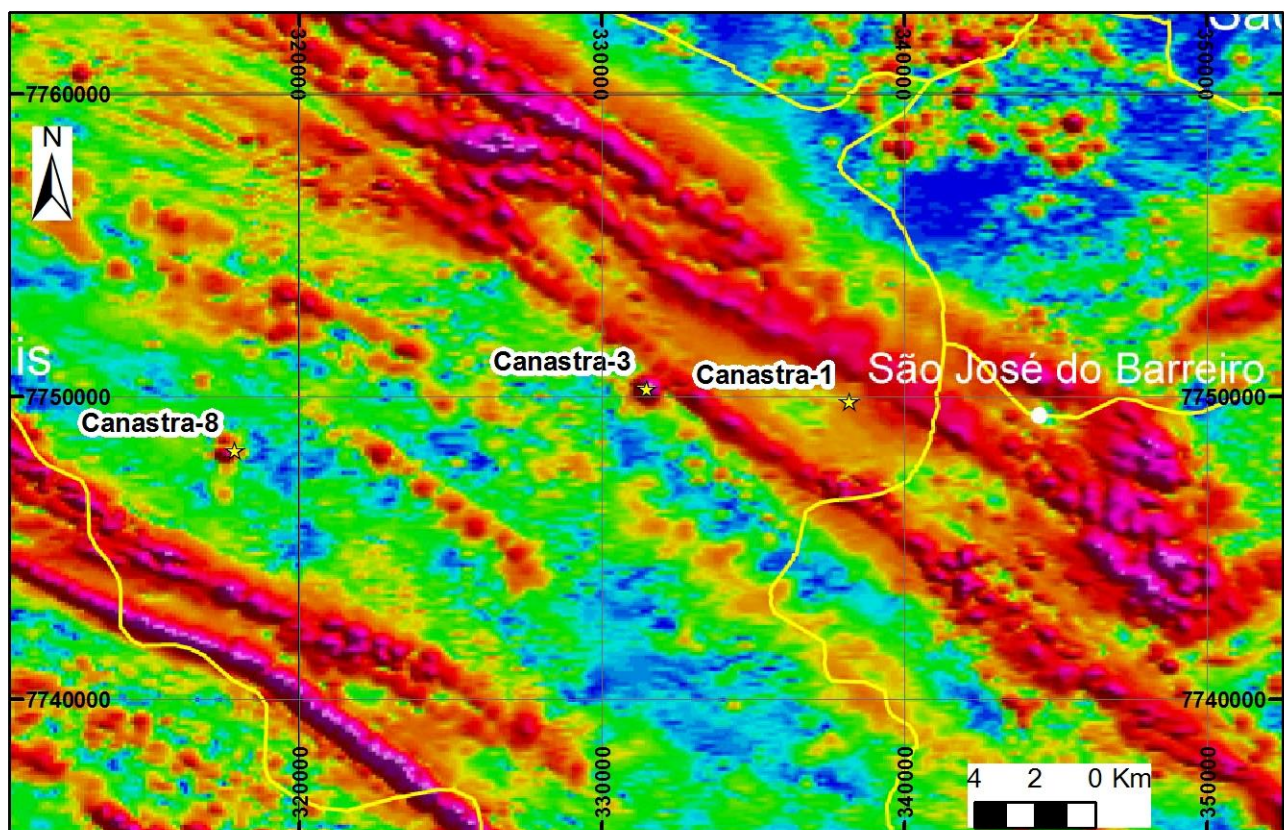
Na área da intrusão Canastra-1, ocorrem quartzitos finos com intercalações submétricas de filitos sericíticos do Grupo Canastra. A faixa regional de domínio desse grupo é marcada estruturalmente por forte tectônica de cavalgamentos com transporte de massas de SW para NE, bem como dobramentos apertados, mostrando vergência para o interior do cráton e justapondo as seqüências mais jovens sobre as mais antigas. Tais empurrões possuem direções entre N40°-60°W,

assinaladas por drenagens encaixadas e fortes escarpamentos. A idade da intrusão Canastra-1 foi determinada (K/Ar em flogopita) em  $120 \pm 10$  Ma (Pereira & Fuck, 2005).

O kimberlito compreende dois *blows* separados um do outro por cerca de 40 m. O *blow* NW possui forma semicircular, com aproximadamente 120 m de diâmetro, sendo em termos texturais homogêneo e constituído de uma brecha kimberlítica macrocristica. O outro *blow* (SE) é um pouco maior e apresenta uma forma parecida a de um “feijão”, de comprimentos máximos de 150 m e 80 m, nele ocorrendo uma mistura de diversas fácies, onde, segundo Chaves et al. (2008a), se observam: (i) uma brecha kimberlítica de contato, de coloração avermelhada com macrocristais de ilmenita predominantes, (ii) uma brecha

kimberlítica de coloração verde-escura, com macrocristais de olivina, e (iii) um outro tipo de kimberlito, porém com macrocristais (ilmenita e olivina) de tamanho mais reduzido. Tais fácies se associam à zona de raiz da intrusão, muito intemperizadas, de modo que estudos de maior detalhe só sejam possíveis através de testemunhos de sondagem.

A resposta geofísica à intrusão é mínima, devido à reduzida dimensão do corpo e sua situação geomorfológica peculiar, encaixado numa borda serrana que não propicia a concentração de um halo de minerais magnéticos em sua área de influência. O mesmo não acontece em relação a outras intrusões próximas, conhecidas como Canastra-3 e Canastra-8, as quais mostram forte contraste no meio magnético (Figura 2).



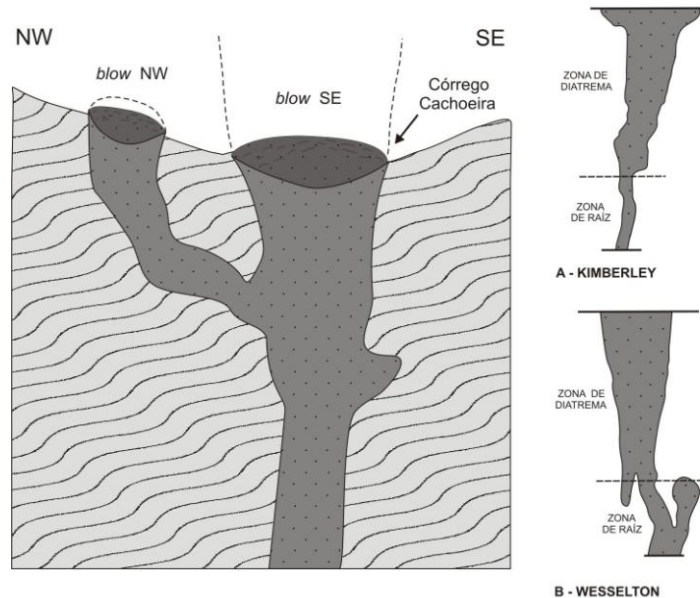
**Figura 2.** Mapa magnetométrico da Serra da Canastra na área das intrusões Canastra-1 (ora estudada), Canastra-3 e Canastra-8, ressaltando-se o inexpressivo contraste magnético da primeira em relação às outras duas (fonte CODEMIG, 2005-2006).

Segundo Chaves et al. (2008b), a presença de fácies distintas, a forma incomum da intrusão e a curta distância entre os *blows*,

permite supor que esses se juntem em profundidade, e que sua parte NW constitua um braço abortado da intrusão, onde somente o

conduto principal (*blow* SE) teria atingido porções superiores da crosta, a exemplo do kimberlito Wesselton, na África do Sul (Figura 3, em destaque). Depósitos coluvionares, com espessuras variáveis entre 2-4 m, cobrem parcialmente o corpo, e são formados por

ruditos angulosos provenientes do Grupo Canastra. Logo abaixo, a zona intemperizada da intrusão, com 16-18 m de espessura, representa um típico *yellowground* à semelhança da maioria das intrusões kimberlíticas sul-africanas.



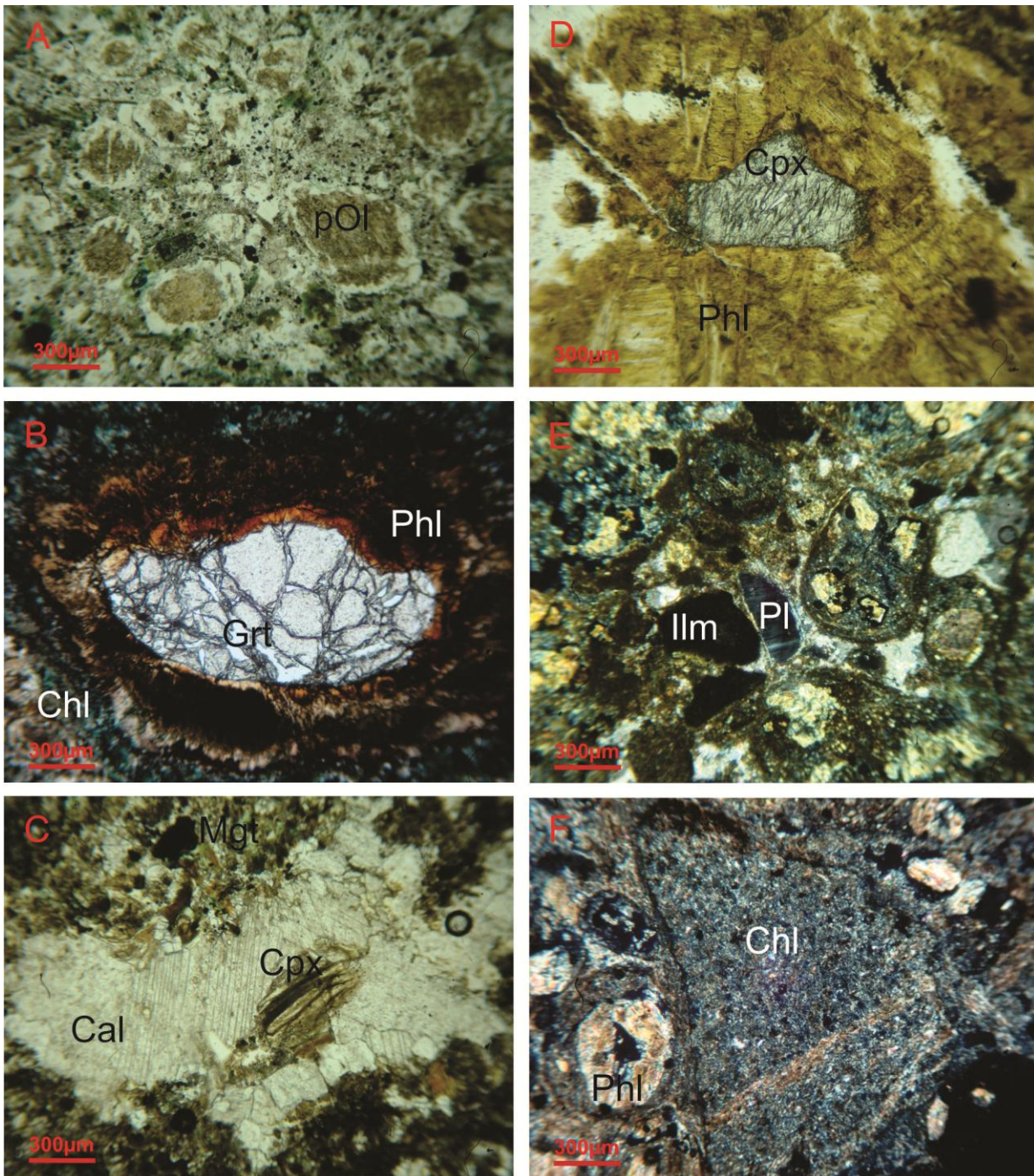
**Figura 3.** Modelo de relação entre os *blows* NW e SE da intrusão Canastra-1 (conforme Chaves et al., 2008b), e ao lado o comportamento em profundidade de dois conhecidos *pipes* sul-africanos, (A) Kimberley e (B) Wesselton (extraído de Mitchell, 1986). O kimberlito Wesselton apresenta na zona de raiz um conduto abortado à direita, assemelhando-se fortemente ao modelo apresentado.

### PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA

Em termos microscópicos, estudos sobre quatro lâminas delgadas de amostras obtidas de testemunhos de sondagens, a cerca de 100 m de profundidade e situadas na zona de brecha central do corpo, revelaram uma rocha de estrutura “piroclástica” brechóide, apresentando carbonatação/serpentinização e ainda uma cataclase tardia. A textura é bimodal, polimítica, onde se observam fragmentos de rochas e minerais. Os clastos maiores são em grande parte ovalados, com bordas de alteração. Os cristais menores são na maioria representados por pseudomorfos de olivinas já alteradas para serpentina e/ou substituídas por carbonatos. Esses carbonatos compõem a mineralogia principal da rocha. Como produto tardio, observam-se filetes de carbonato cortando toda a rocha. Encontram-se ainda cristais subedrais a euedrais de magnetita, clorita, perovskita, titanita, apatita, flogopita cloritizada, saponita, serpentina (antigorita e

crisotila), anfibólio (actinolita/tremolita) e resquícios de clinopiroxênio (Figura 4).

Amostras dos testemunhos foram também analisadas por fluorescência de raios-X visando seus elementos maiores (análises sobre elementos menores e traços encontram-se em andamento). Macroscopicamente foram reconhecidos três tipos brechóides designados de brecha fina, brecha média e brecha grossa, em função de suas granulações (Tabela 1). Entre as principais características da rocha, se destacam os conteúdos relativamente baixos de silício e potássio, assim como os altos valores de magnésio e de perda ao fogo (PF). Esse último valor anômalo certamente é devido à forte presença de fluidos ricos em gás carbônico, evidenciado na petrografia pelos conteúdos notáveis de carbonatos. A amostra FBM apresenta ainda valores expressivos de FeO e TiO<sub>2</sub>, provavelmente por ter incluído algum macrocristal de ilmenita, abundante no corpo.



**Figura 4.** Fotomicrografias de seções delgadas de rochas das intrusões Canastra-1 (A-B-C) e Abel Régis (D-E-F). (A) Pseudomorfos de olivina mostrando substituição por carbonato. Na matriz observa-se clorita e magnetita; (B) Cristal de granada alterado nas bordas para filossilicatos (flogopita?) intercrescido com óxidos/hidróxidos de ferro, que por sua vez apresenta as bordas alteradas para clorita; (C) Clinopiroxênio parcialmente alterado para flogopita, envolto por carbonato; (D) Cristal de clinopiroxênio (possivelmente cromo-diopsídio) envolto por flogopita/talco secundários; (E) Minerais alterados para flogopita/talco, serpentina e argilominerais, apresentando por vezes capa de oxidação. Vê-se também um pequeno cristal de plagioclásio e um cristal opaco, possivelmente ilmenita; (F) Clasto de rocha metassedimentar (provavelmente do metassiltito encaixante), alterado para argilominerais secundários embora prevalecendo a estrutura primária (somente as fotos E e F com nicóis cruzados).

**Tabela 1.** Análises químicas por fluorescência de raios-X em amostras de testemunhos de sondagem do kimberlito Canastra-1 (Laboratório SGS-GEOSOL; Vespasiano, MG). Fácies: Brecha Fina (FBF), Brecha Média (FBM) e Brecha Grossa (FBG). Dados de % em peso e (\*) todo ferro como FeO.

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF	Total
<b>FBF-1</b>	32,80	2,04	2,12	0,20	9,89	0,16	28,71	8,39	0,11	1,11	0,61	14,19	100,32
<b>FBF-2</b>	34,48	2,73	2,02	0,09	10,19	0,16	30,79	6,53	<0,01	0,88	0,31	12,68	100,86
<b>FBM</b>	22,70	12,00	1,47	0,16	15,80	0,17	25,60	8,48	<0,01	0,20	0,38	13,53	100,49
<b>FBG</b>	29,40	1,88	2,15	0,20	9,44	0,18	23,60	13,6	<0,01	0,69	0,55	17,95	99,56

#### QUÍMICA MINERAL

Em campo, amostrou-se no perfil de transição entre o *yellowground* e o *blueground*, que agora constitui o topo do corpo no *blow* SE depois de ser lavrado experimentalmente, os minerais comumente usados na prospecção

aluvionar de kimberlitos (Mg-ilmenita, diopsídio, espinélio e piropo). Chaves et al. (2008a) apresentaram os resultados preliminares de análises com microsonda eletrônica efetuadas sobre esses minerais, ora expandidas e reinterpretadas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição química de amostras representativas de Mg-ilmenita (Im), diopsídio (Dy), espinélio (Sp) e piropo de diversos matizes (Pv – vermelho, Pl – laranja, e Pg – púrpura ou *grapefruit*) do kimberlito Canastra-1. Análises com microsonda eletrônica efetuadas no Laboratório de Microanálises do Defis/ICEX-UFMG (dados de % em peso; todo Fe como FeO; médias de 4-6 pontos por grão – n° total indicado entre parêntesis; nd, não determinado).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	Total
<b>Im (43)</b>	nd	0,41	10,54	38,25	nd	50,18	0,15	0,18	nd	99,79
<b>Dy (29)</b>	53,94	1,94	16,77	2,36	20,15	0,10	1,94	0,09	2,37	99,66
<b>Sp (28)</b>	0,01	9,18	9,96	26,63	0,04	0,62	53,91	0,35	nd	100,70
<b>Pv (3)</b>	41,65	21,73	18,38	10,53	4,93	0,83	0,86	0,35	nd	99,25
<b>Pl (3)</b>	40,04	22,58	19,40	11,63	4,81	0,67	0,22	0,41	nd	99,68
<b>Pg (120)</b>	41,66	20,05	19,78	8,05	5,13	0,46	3,61	0,29	0,00	100,03

A ilmenita ocorre em indivíduos desde submilimétricos até 3 cm de diâmetro, em geral como cristais anédricos, sendo o mineral indicador mais comum no kimberlito, constituindo em termos químicos uma ilmenita magnesiana (Tabela 2). O diopsídio, também abundante, apresenta-se em macrocristais prismáticos com até 1 cm de comprimento, embora se concentre mais comumente na fração inferior a 1 mm. O espinélio é bastante raro na intrusão, aparecendo sempre na fração mais fina (<1 mm), sendo caracterizado pelo conteúdo relativamente baixo e homogêneo de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>.

As granadas ocorrem em três colorações: laranja, vermelha e púrpura. Exame sob lupa binocular revelou variações de matizes entre os dois primeiros tipos, indicando que poderiam constituir um mesmo grupo mineraloquímico. As de cor laranja são de menor tamanho

(ocorrendo nas frações inferiores a 1 mm) e parecem representar lascas das bordas das granadas vermelhas, onde a concentração de cor é menor. Esses tipos se verificam ainda como macrocristais na massa kimberlítica e podem atingir até 2 cm de diâmetro, sendo anédricos ou raramente subédricos. O terceiro tipo, ao contrário, está contido quase exclusivamente nas frações menores que 1 mm, e sua coloração típica é designada *grapefruit* (Mitchell, 1986).

Conforme a tabela 2, de fato não se verificou diferença significativa entre granadas vermelhas e alaranjadas, a partir de espécimes mais característicos especialmente escolhidos. Conteúdos algo maiores de FeO as aproximam da fase almandina na série isomórfica piropo-almandina, enquanto os respectivos teores de cromo são muito baixos (média menor que 1%), observando-se nas alaranjadas ainda maior

empobrecimento nesse óxido. Distintamente, os cristais de cor violeta são típicos Cr-piropos (até cerca de 6,5% de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), e os valores

superiores em MgO e inferiores em FeO indicam a forte concentração no termo piropo da citada série.

## INTRUSÃO ABEL RÉGIS

Descoberta em meados da década de 1970 pela SOPEMI-De Beers, a intrusão Abel Régis tem sido considerada um kimberlito (Read et al., 2004; La Terra, 2006; La Terra et al., 2006), embora esses trabalhos não forneçam dados geoquímicos e/ou mineralógicos pertinentes. Estudos recentes e paralelos (Chaves et al., 2009; Thomaz, 2009) discutiram com maior detalhe a química mineral do corpo. Há informações sobre a presença de diamantes em sua superfície e de microdiamantes em testemunhos de sondagem (Geól. R. Prates, inf. verbal, 2007).

Essa intrusão foi inicialmente definida por seus descobridores como formada por três *blows* distintos, designados Abel Régis, Sucesso-1 e Sucesso-2; o primeiro nome tirado do proprietário da fazenda. Na década de 1990, estudos geológicos e aerogeofísicos da Parimá Mineração rebatizaram tais *blows* como Régis-1, Régis-2 e Régis-3. Os dois primeiros foram depois integrados em um só corpo (Régis) pela SAMSUL, a partir de dados magnetométricos terrestres, que identificou sua superfície em forma quase circular com cerca de 1,4 km de diâmetro. Nessa última etapa de pesquisas, duas sondagens na porção central do corpo recuperaram cerca de 150 microdiamantes (Chaves et al., 2009).

### GEOLOGIA E GEOCRONOLOGIA

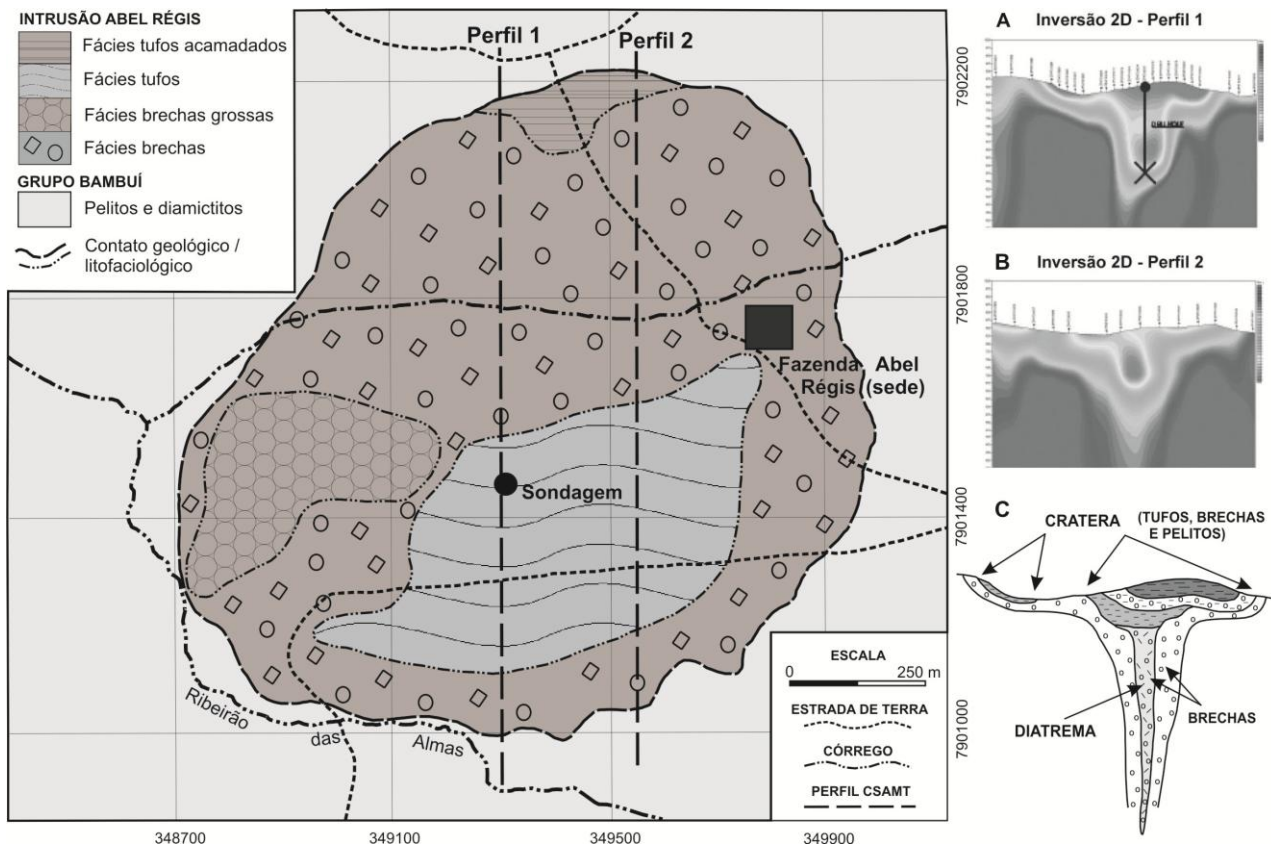
Na região ocorrem principalmente siltitos, argilitos e diamictitos da Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí), de idade neoproterozóica, nos quais a intrusão encontra-se hospedada. Sobrepõem o Grupo Bambuí, arenitos e conglomerados do Grupo Areado

(Cretáceo Inferior), além de rochas tufáceas do Grupo Mata da Corda (Cretáceo Superior). Levantamento detalhado do corpo (1:5.000), determinou sua geologia e fácies petrográficas, e os principais minerais indicadores presentes foram objeto de análises com microsonda eletrônica, bem como determinações geocronológicas em zircão.

No mapeamento foram identificadas quatro litofácies, descritas em Chaves et al. (2009): (1) A fácies dominante, presente de modo característico na porção marginal, consiste em uma brecha vulcânica compacta e mal selecionada; (2) Uma fácies de tufos, finos até grossos, argilitizados e ricos em minerais indicadores (diopsídio, ilmenita e piropo), aparece preferencialmente na porção centro-sul da intrusão; (3) Uma fácies de brecha grossa, inclui abundantes xenólitos crustais de metassedimentos com blocos de sílex da própria parede da intrusão dispersos na superfície, é observada no bordo oeste e sudoeste do corpo; (4) De ocorrência restrita ao norte da intrusão, ocorre uma fácies de tufo acamadado, com material piroclástico (*lapilli*) associado (Figura 5). A preservação de feições de zona de cratera é muito rara em intrusões dessa natureza, por apresentar material tufáceo ultrabásico que sob condições exógenas é rapidamente alterado e erodido.

O posicionamento peculiar da intrusão, em área arrasada e nivelada ao arcabouço pré-cambriano, propiciou a concentração de minerais magnéticos em sua superfície. Por conseguinte, apresenta uma excelente resposta à geofísica aeromagnética, conforme observado na figura 6.

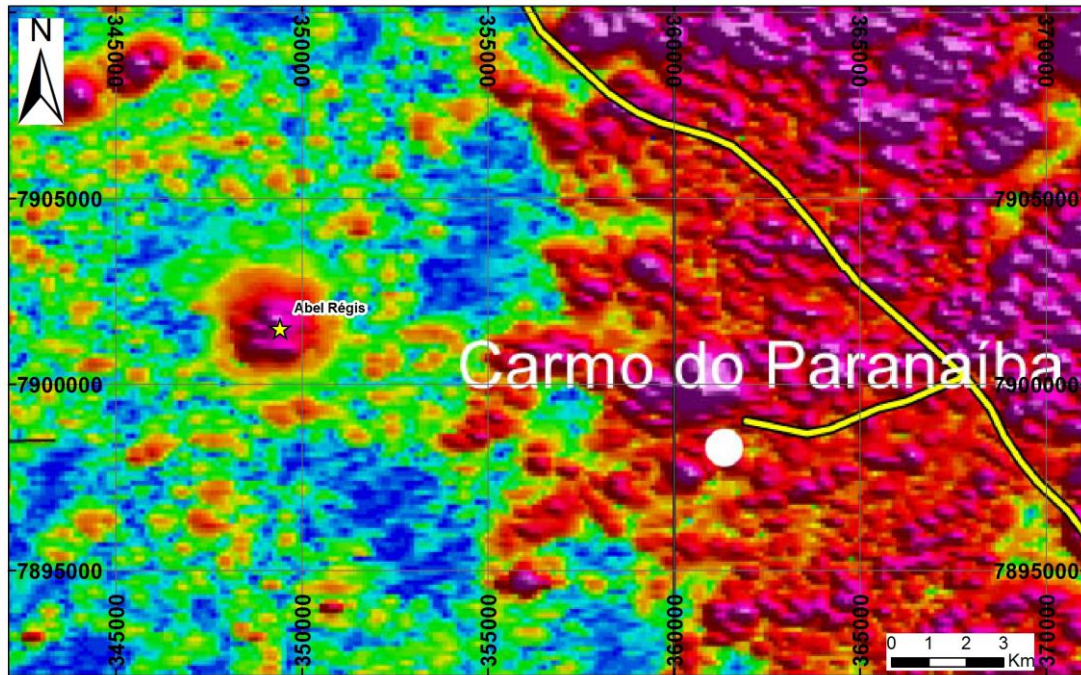




**Figura 5.** Geologia e fácies petrográficas da intrusão Abel Régis (modificada de Chaves et al., 2009). A posição aproximada dos perfis 1 e 2, bem como as modelagens geofísicas CSAMT (A e B), foram extraídas de La Terra et al. (2006). Em C, apresenta-se a interpretação das fácies do corpo em profundidade.

La Terra (2006) e La Terra et al. (2006) determinaram com metodologia CSAMT (*controlled-source audiomagnetotellurics*) o comportamento em subsuperfície do corpo, constituindo uma das raras intrusões dessa natureza no país que já foram pesquisadas com tal detalhe, tendo seus resultados divulgados. A partir das perfilagens realizadas (Figura 5A-B; imagens à direita), obteve-se o modelamento

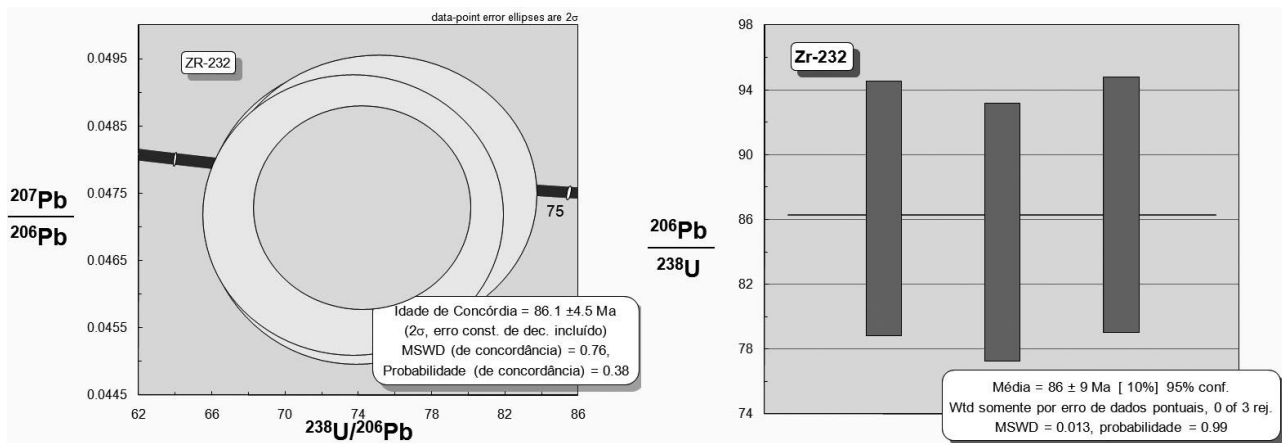
em duas dimensões para o *pipe* até cerca de 300 m de profundidade, onde se confirma a existência de somente um conduto vulcânico, além de uma peculiar forma de “taça” (Figura 5C). Chaves et al. (2009), ressaltaram a semelhança morfológica dessa intrusão com os importantes lamproítos diamantíferos de Argyle e Ellendale-9 (Austrália).



**Figura 6.** Mapa magnetométrico das proximidades de Carmo do Paranaíba, ressaltando o forte contraste magnético da intrusão Abel Régis (fonte: CODEMIG, 2005-2006).

Idades geocronológicas em zircões idiomórficos do corpo foram obtidas no laboratório CMG-CPEGeo, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, através de Laser Ablation-MC-ICP-MS (Figura 7; metodologia analítica conforme Simon et al., 2004). A idade de cristalização do mineral,

tomada também como a idade da própria intrusão, foi de  $86,1 \pm 4,5$  Ma. Essa idade é extremamente semelhante à de outros *pipes* do Cretáceo Superior na mesma região, a exemplo do “Poço Verde” com 86-87 Ma (Davis, 1977) e o “Santa Rosa-4” com 83 Ma (Pereira, 2007).



**Figura 7.** Diagrama concórdia (Tera-Wasserburg, à esquerda) das razões isotópicas  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  versus  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de zircões extraídos da intrusão Abel Régis. À direita, média das idades  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  (confecções baseadas no programa “Isoplot” conforme Ludwig, 2003).

#### PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA

Estudos petrográficos sobre cinco lâminas delgadas, em amostras de testemunhos de sondagens, caracterizaram uma rocha de

estrutura xenolítica, compondo uma brecha vulcânica constituída por minerais, fragmentos de rocha alcalina plutônica/hipoabissal e fragmentos de rochas metassedimentares

encaixantes (filito e ardósia). A textura geral é porfiróide, polimítica (mineralogia original), pois devido à acentuada alteração a rocha transformou-se quase num glimerito. Tanto os fragmentos de rocha quanto os minerais encontram-se fortemente alterados para filossilicatos cuja composição está entre flogopita e talco. Em relação às frações mais finas, sua composição é a base de filossilicatos (sericita, serpentina e clorita) e vidro. Observam-se ainda alguns cristais maiores de clinopiroxênio bem preservados e pequenos cristais de flogopita primária, clinopiroxênio, anfibólio tremolítico, resquícius de granada, grãos de carbonato e feldspato, bem como alguns acessórios como titanita, zircão, ilmenita, magnetita, perovskita e, aparentemente, espinélio (Figura 4).

Análises geoquímicas de rocha foram efetuadas sobre material coletado em dois dos

furos (R-02 e R-04) sob diferentes profundidades (Tabela 3). Esses dados indicam fortes semelhanças principalmente entre cada um dos furos, demonstrando amostragens sobre diferentes fácies. Por exemplo, o furo R-02, de amostragem mais rasa (151 m e 167 m), apresenta valores inferiores de TiO<sub>2</sub>, CaO e K<sub>2</sub>O em relação ao furo R-04, que atingiu zona mais profunda (181 m e 259 m). Ressalte-se ainda os teores gerais expressivos de Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O em relação ao kimberlito Canastra-1 e outros kimberlitos típicos a nível mundial (cf. Mitchell, 1986). Os valores de perda ao fogo, que indicam principalmente os elementos voláteis, são bastante comuns a kimberlitos e lamproítos (Mitchell, 1986; Mitchell & Bergman, 1991), e expressivamente menores que no kimberlito Canastra-1.

**Tabela 3.** Análises químicas por fluorescência de raios-X em amostras de testemunhos de sondagem da intrusão Abel Régis (Laboratório SGS-GEOSOL; Vespasiano, MG). Dados de % em peso, (\*) todo ferro como FeO.

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF	Total
<b>R 02-02</b>	44,80	2,57	5,59	0,09	10,00	0,14	20,3	5,64	1,58	1,65	0,47	7,07	99,90
<b>R 02-03</b>	45,00	1,98	4,49	0,16	9,91	0,16	22,9	4,19	1,39	1,43	0,43	7,79	99,81
<b>R 04-06</b>	44,20	4,26	7,05	0,07	10,05	0,16	12,7	7,70	1,76	3,58	0,61	6,38	99,02
<b>R 04-08</b>	41,10	4,87	5,41	0,08	12,10	0,20	14,3	9,73	1,65	2,24	0,69	6,43	98,80

#### QUÍMICA MINERAL

Amostragem de minerais pesados, visando a caracterização da mineraloquímica das mais importantes fases indicadoras do diamante, foi efetuada em três locais da intrusão; duas sobre a fácies de brecha (borda) e uma sobre a fácies de tufos (central) (Figura 5). Análises com microsonda eletrônica foram efetuadas sobre

granadas, diopsídio, ilmenita, espinélio e sanidina. O principal aspecto mineralógico presente, diz respeito à relativa maior abundância de Cr-espinélio sobre ilmenita, ao contrário do kimberlito Canastra-1 e também de outros kimberlitos da região (Svisero et al., 1984) e a nível mundial (Mitchell, 1986).

**Tabela 4.** Composição química de amostras representativas de Cr-espinélio da intrusão Abel Régis, conforme Chaves et al. (2009). Análises com microsonda eletrônica efetuadas no Laboratório de Microanálises do Defis/ICEX-UFMG (dados de % em peso; todo Fe como FeO; médias de 4 pontos por grão; nd, não determinado).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Total
<b>SU4-G1</b>	0,04	3,30	10,66	21,51	0,00	62,44	0,28	0,76	0,01	99,00
<b>SU4-G3</b>	0,14	13,75	12,11	29,25	0,02	39,76	0,29	3,79	0,03	99,13
<b>SU4-G5</b>	0,06	24,80	13,28	20,68	0,01	40,49	0,26	0,17	0,03	99,77
<b>SU4-G7</b>	0,05	16,46	13,77	18,52	0,01	49,28	0,18	0,35	0,02	98,64
<b>SU4-G9</b>	0,16	15,91	13,98	18,91	0,01	48,76	0,21	0,62	0,00	98,56
<b>SU4-G10</b>	0,12	5,56	12,38	20,82	0,00	56,14	0,22	3,21	0,01	98,47

<b>SU5-G4</b>	0,03	17,76	12,77	25,57	0,00	41,80	0,23	0,26	0,00	98,42
<b>AR4-G8</b>	0,11	5,85	12,24	21,12	0,01	57,21	0,22	3,15	0,03	99,93
<b>REG-12</b>	0,03	5,24	9,71	19,27	0,01	66,21	0,25	0,13	nd	100,85
<b>REG-13</b>	0,02	10,11	8,31	27,13	0,00	53,88	0,30	0,30	nd	100,05
<b>REG-23</b>	0,11	6,29	10,51	25,84	0,01	53,15	0,29	4,44	nd	100,64
<b>REG-24</b>	0,18	11,52	12,94	16,94	0,00	54,99	0,21	2,67	nd	99,45
<b>REG-60</b>	0,08	5,71	10,48	29,16	0,01	50,07	0,25	4,22	nd	99,98
<b>REG-62</b>	0,17	11,06	12,57	19,92	0,00	52,97	0,22	2,52	nd	99,43
<b>REG-63</b>	0,07	3,35	7,65	38,81	0,00	45,91	0,42	3,32	nd	99,52

O espinélio amostrado na intrusão Abel Régis inclui dois *clusters* típicos, conforme as quantidades mais altas ou baixas de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, em geral os valores de FeO e TiO<sub>2</sub> sendo superiores para amostras moderadamente ricas em Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tabela 4). Os valores de MgO variam em torno de 10%, caracterizando as amostras como Mg-cromitas. Quanto à ilmenita, rara nesse corpo, possui conteúdos relativamente baixos de MgO, embora apresente valores expressivos de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tabela

5). O diopsídio caracteriza-se por seus altos conteúdos em Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Na<sub>2</sub>O. As granadas, a exemplo do kimberlito Canastra-1, também foram separadas em colorações distintas: púrpura, vermelha e alaranjada (Tabela 5). Todas foram identificadas como da espécie piropo e os dados químicos mostraram-se semelhantes entre esses três tipos, não se verificando relação entre o piropo de cor púrpura com uma maior concentração de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, como no kimberlito antes citado.

**Tabela 5.** Composição química de amostras representativas de Mg-ilmenita (Im), diopsídio (Dy) e piropo de diversos matizes (Pv – vermelho, Pl – laranja, Pg – púrpura ou *grapefruit*) da intrusão Abel Régis. Análises com microsonda eletrônica efetuadas no laboratório de microanálises do Defis/ICEX-UFMG (dados de % em peso; todo Fe como FeO; médias de 4 pontos por grão – n° total indicado entre parêntesis; nd, não determinado). São apresentados dados comparativos de ilmenitas dos lamproítos Ellendale-9, Brooking Creek e Argyle, e de diopsídios de Leucite Hills conforme Mitchell & Bergman (1991), e de ilmenitas dos kimberlitos Wesselton, Benfontein e De Beers, e de diopsídios de kimberlitos do grupo II em geral conforme Mitchell (1986).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Total
<b>Im – Abel Régis (17)</b>	0,02	0,19	7,54	41,48	0,01	2,51	0,31	47,16	0,02	99,25
“ – Ellendale-9	nd	nd	3,55	40,41	nd	0,16	1,55	54,30	nd	99,77
“ – Brooking Creek	nd	nd	7,40	35,77	nd	nd	0,56	55,03	nd	98,76
“ – Argyle (2)	nd	nd	0,53	42,39	nd	0,45	4,61	51,61	nd	99,18
“ – Kimb. Wesselton (2)	nd	0,23	20,89	19,05	nd	2,54	0,56	56,82	nd	100,08
“ – Kimb. Benfontein	nd	nd	16,93	25,24	nd	0,01	nd	56,73	nd	98,91
“ – Kimb. De Beers	nd	nd	15,50	27,53	nd	3,33	nd	52,75		100,25
<b>Dy – Abel Régis (17)</b>	54,62	2,12	16,95	2,71	19,70	1,13	0,09	0,12	1,51	98,96
“ – Leucite Hills (2)	54,03	0,46	16,35	4,24	22,27	0,22	0,09	1,10	1,13	99,87
“ – Kimb. Grupo II (2)	54,07	0,22	17,50	2,58	25,07	0,08	0,12	0,51	0,25	100,39
<b>Pv – Abel Régis (28)</b>	41,17	21,08	19,62	8,78	4,84	3,48	0,42	0,20	0,04	99,63
<b>Pl – Abel Régis (21)</b>	41,66	21,82	19,01	9,10	4,91	2,59	0,43	0,18	0,03	99,73
<b>Pg – Abel Régis (29)</b>	41,56	21,26	18,78	8,28	5,34	3,68	0,47	0,15	0,03	99,55

Outro aspecto interessante nessa intrusão é a presença, com relativa abundância, de grãos com até cerca de 1 mm de diâmetro, de um mineral esbranquiçado leitoso, de forma esférica ou semiesférica, identificado por

difração de raios-X como o K-feldspato tipo sanidina. Esse mineral, analisado em microsonda eletrônica, apresentou forte semelhança química com os espécimes descritos nos lamproítos de Leucite Hills

(EUA), Kapamba (Zâmbia) e West Kimberley (Austrália) (Tabela 6). Também incomum e típica, é a presença de zircão (identificado através de análises com MEV-EDS), como

prismas tabulares euédricos a subédricos, de coloração incolor-amarelada, e o maior cristal encontrado alcançou o comprimento notável de 0,5 cm.

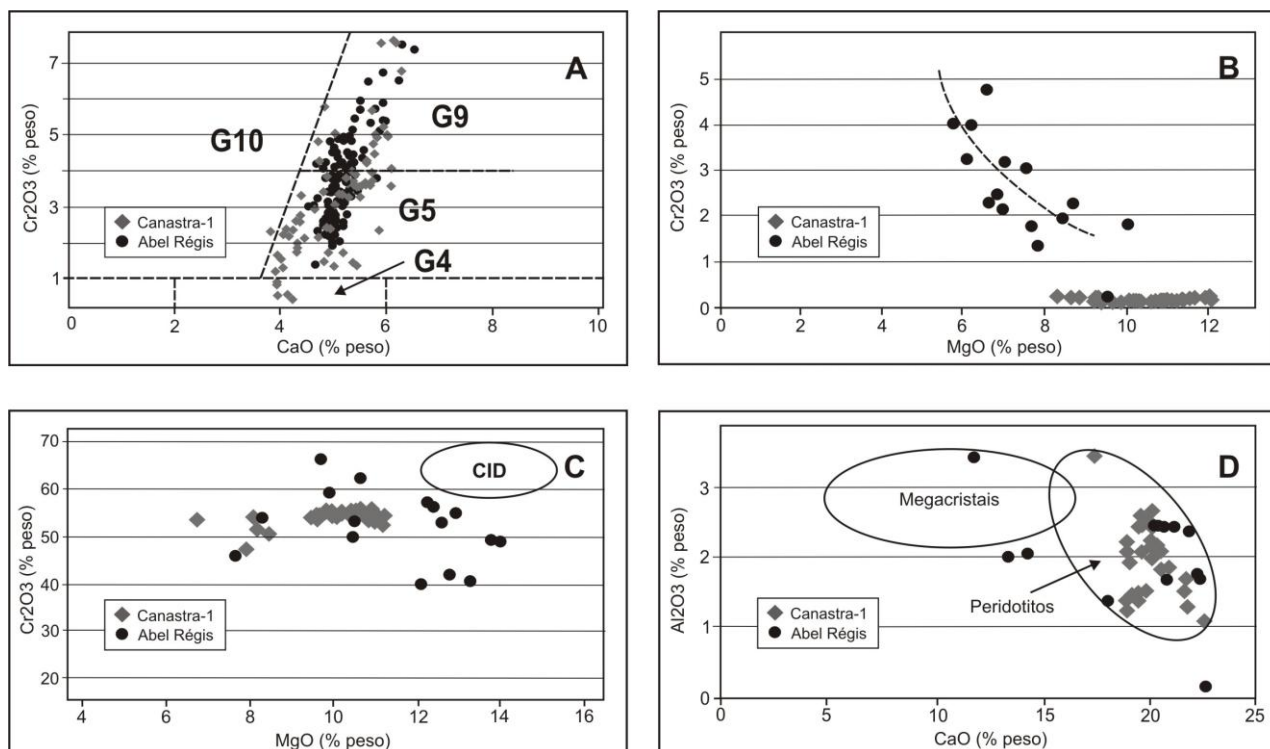
**Tabela 6.** Composição química de amostras representativas de sanidina da intrusão Abel Régis. Análises com microsonda eletrônica efetuadas no laboratório de microanálises do Defis/ICEX-UFMG (dados de % em peso; todo Fe como FeO; médias de 4 pontos por grão – n° total indicado entre parêntesis; nd, não determinado). São apresentados dados comparativos sobre médias dos lamproítos Leucite Hills, Kapamba e Argyle, conforme Mitchell & Bergman (1991).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	BaO	Total
<b>Abel Régis (12)</b>	65,26	18,38	0,00	0,03	0,03	0,91	15,50	nd	100,11
<b>Leucite Hills (2)</b>	65,00	15,61	nd	3,27	0,04	0,31	15,42	0,57	100,20
<b>Kapamba (2)</b>	64,10	17,73	nd	0,55	nd	1,30	14,68	0,48	98,82
<b>Argyle (2)</b>	64,61	17,55	nd	0,58	0,08	0,11	16,89	nd	99,80

## DISCUSSÕES SOBRE A GEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL DAS INTRUSÕES

O kimberlito Canastra-1 caracteriza-se quimicamente por seu valor muito alto de sílica e de perda ao fogo, indicando um expressivo conteúdo de voláteis, possivelmente aliado a processos de hidrotermalização, além dos baixos valores de K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O. A ocorrência de teores elevados de perda ao fogo é muito comum nos kimberlitos da região de Yakutia, Rússia (Vasilenko et al., 2002). Provavelmente o magma original era rico em gás carbônico, e assim a quase totalidade dos seus mineris foram alterados e/ou substituídos para carbonatos. Comparados a este corpo, os dados da intrusão Abel Régis evidenciam a diferenciação nos álcalis, da ordem de dez vezes maior em Na<sub>2</sub>O e de três vezes maior em K<sub>2</sub>O, ao contrário do CaO que é cerca de 1,5 vezes menor. Esses dados levaram Chaves et al. (2009) a uma proposta de redefinição da rocha, creditando à mesma uma tendência lamproítica.

Em termos mineraloquímicos, os dados obtidos sobre as granadas (Figura 8-A) expressam semelhanças nas duas intrusões enfocadas, com grande concentração de valores no campo dos piropos G5 (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 1 e 4%). Na intrusão Abel Régis, os dados definem um *trend* G4-G5-G9, mostrando desde baixos a moderados valores de cromo, o que pode ser indicador de processos de reabsorção do diamante no seu transporte desde o manto (cf. Pokhilenko et al., 1999). Esse fato diverge do observado no kimberlito Canastra-1, onde o piropo apresenta concentração no campo G5 com tendência espalhada para o G9, e para os citados autores demonstram estabilidade do sistema (CaO entre 4,84 e 5,34%; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 1,36 e 3,68%) e na mesma média dos valores típicos de kimberlitos.



**Figura 8.** Diagramas de análises mineraloquímicas com microsonda eletrônica em minerais das intrusões Canastra-1 e Abel Régis (LMA – Defis/ICEX-UFMG). A – Diagrama CaO x Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> em piropo conforme os campos de classificação de Grutter et al. (2004). B – Diagrama MgO x Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para caracterização de ilmenitas mantélicas (Haggerty, 1991). C – Diagrama MgO x Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para classificação do Cr-espínélio, baseado nos sistemas de Gurney & Zwiestra (1995) e Griffin et al. (1997); CID – Campo de inclusões em diamantes. D – Diagrama CaO x Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para composições e proveniência do diopsídio, segundo campos de O'Reilly & Griffin (1987).

Diversos autores procuraram estabelecer uma correlação direta entre a abundância do piropo harzburgítico sub-cálcico e o potencial de conteúdo diamantífero de uma intrusão, isto é, os ricos em cromo e com baixos valores em cálcio (G10) indicariam corpos de forte potencial, ao contrário do piropo G9, de origem lherzolítica (Dawson & Stephens, 1975; Gurney, 1984; Grütter et al., 2004). As granadas harzburgíticas ocorrem mais comumente como inclusões em diamantes, por originarem-se sob condições barométricas semelhantes. Entretanto, a grande maioria dos piropos presentes em ambas as intrusões ocorrem concentrados no *trend* G4-G5-G9, que em geral caracterizam intrusões pobres ou estéreis em diamantes. Mais especificamente no caso do Canastra-1, isto constitui um paradoxo que necessita ainda ser investigado ao nível de maior detalhe.

A ilmenita constitui um dos mais importantes indicadores kimberlíticos enfocados na prospecção do diamante.

Entretanto, como está presente em uma variada gama de rochas, a caracterização da sua química mineral torna-se de extrema importância. O diagrama MgO x Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> baseado em Haggerty (1991), evidenciou um comportamento parabólico do mineral para valores de MgO entre 6% e 14%, típico de kimberlitos e lamproítos, somente para a intrusão Abel Régis (Figura 8-B), indicando que no Canastra-1 ele possa constituir xenocristais mantélicos (Mitchell, 1985). Para este autor, ilmenitas kimberlíticas podem apresentar conteúdos em MgO de até 25%, mas no geral prevalecem valores entre 4-18%.

No Canastra-1, embora a ilmenita seja relativamente pobre em MgO (média de 10%) em relação a diversos kimberlitos diamantíferos sul-africanos, ela assemelha-se à de outras localidades de Minas Gerais como o kimberlito Vargem-1 de Coromandel e o conglomerado tufáceo de Romaria (Svisero et al., 1984). Entretanto, os dados de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> são inferiores aos dessas localidades (onde alcançam mais de

2%), apresentando maior proximidade com os kimberlitos da África. Os valores médios menores obtidos na intrusão Abel Régis (em torno de 7,5%) são comumente verificados em lamproítos, destacando os exemplos australianos, como a semelhança notável dos valores de FeO e MgO nos corpos altamente diamantíferos de Argyle e Ellendale-9 (Mitchell & Bergman, 1991).

O Cr-espinélio, um dos minerais indicadores de maior abundância na intrusão Abel Régis, possui alta importância prospectiva em terrenos tropicais de umidade elevada, onde até as granadas podem ser alteradas (Gurney & Zweistra, 1995). Normalmente, espinélios de kimberlitos e lamproítos constituem dois *trends* mineraloquímicos distintos, ambos representados na intrusão Abel Régis. Um deles, com alto conteúdo de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO, respectivamente maiores do que 62% e 12% em média, além de empobrecimento em TiO<sub>2</sub>, é típico de intrusões férteis, por constituir inclusões em diamantes (Gurney & Moore, 1991). Dois grãos analisados quase alcançaram tais características (MgO ligeiramente inferior), constituindo fortes evidências de material originado no manto superior. Entretanto, conforme observado no diagrama (Figura 8-C), a maioria das amostras de ambas as intrusões caracteriza-se pelo baixo conteúdo em Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, provavelmente representando fenocristais da própria matriz das rochas, os quais estão distantes quimicamente do campo de inclusões

em diamantes (cf. Griffin et al., 1997; Gurney & Zweistra, 1995).

Em relação ao diopsídio, pela área de distribuição dos dados no diagrama CaO x Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Figura 8-D) ambas intrusões parecem ter fontes peridotíticas, aspecto mais acentuado no Canastra-1, onde os valores apresentam-se mais homogêneos, de acordo com os campos composicionais de O'Reilly & Griffin (1987). Segundo Nimis et al. (2009), valores médios de Na<sub>2</sub>O em torno de 1,5%, associado ao relativo alto conteúdo em Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, reforçam tal origem peridotítica, uma vez que o diopsídio eclogítico possui baixo conteúdo em Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, associado ao enriquecimento em Na<sub>2</sub>O. Os valores de CaO são semelhantes em ambas as intrusões (~19,5%), inferiores aos de kimberlitos do grupo II e lamproítos (Mitchell, 1986 – dados nas tabelas 2 e 5). No Canastra-1, a principal característica química do mineral é o conteúdo expressivo em cromo, semelhante a outros kimberlitos da região (Svisero et al., 1984). Conforme Mitchell & Bergman (1991), a composição do diopsídio não permite diferenciar claramente lamproítos de kimberlitos do grupo II. Entretanto, Mitchell (1986) fornece duas médias de composições do mineral em kimberlitos do grupo II, com conteúdos de CaO em volta de 25%, muito diferentes dos verificados na intrusão Abel Régis ou, por exemplo, no lamproíto “clássico” de Leucite Hills (EUA).

## CONCLUSÃO

O kimberlito Canastra-1 possui fortes semelhanças petrográfica, geoquímica e mineralógica com outras intrusões similares dos crátons sul-africano, oeste-africano e siberiano, embora sua situação geotectônica seja peculiar, uma vez que se encontra internamente à Faixa de Dobramentos Brasília. Entretanto, segundo Pires (1984) o real limite cratônico estaria mais a sul, e assim nessa região a faixa de dobramentos teria sido acrescida ao cráton no Ciclo Brasileiro. De modo semelhante, Carvalho (1997) demonstrou pelo estudo de xenólitos de diversas intrusões, que o manto na região tem possibilidades de ser fértil para diamantes. A morfologia do corpo, por sua vez, indica condições típicas de fácies da raiz, em

geral mais rara de apresentar depósitos diamantíferos a nível econômico. Chaves (1991) já havia ressaltado esse fato, comparando diversas outras intrusões a nível regional, e observando que aí poderia estar a explicação da grande maioria delas serem estéreis ou pobremente mineralizadas em diamantes.

Embora, segundo os aspectos antes discutidos, a intrusão Abel Régis situe-se em posição geotectônica similar, diversas outras características são distintas: (i) forma alargada em superfície, com mais de 1 km de diâmetro, contrária à da grande maioria dos kimberlitos da região (*eg.*, Svisero et al., 1984; Pereira, 2007; Chaves et al., 2008a,b); (ii) curto espaço

de afunilamento em subsuperfície, demonstrado pela modelagem geofísica, que permite o reconhecimento de uma forma típica “de taça”; (iii) relativa abundância de espinélio sobre ilmenita, principal mineral indicador da maioria dos kimberlitos; (iv) mineraloquímica dos indicadores, notadamente diopsídio e ilmenita, de grande semelhança com espécimes já descritos em lamproítos; (v) presença de K<sub>2</sub>O (~1,5-3,5%), mostra valores inferiores aos lamproítos dos EUA e Austrália.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à SAMSUL Mineração e seus diretores (sucessivos), Stephen Fabian e Homero Braz Silva, pelo incentivo ao estudo e fornecimento de amostras de testemunhos de sondagem de ambas as intrusões. Parte dos trabalhos de campo e as análises geoquímicas de rocha foram apoiadas por projeto financiado pela FAPEMIG (Processo CRA APQ-3426-5.02/07). O primeiro autor agradece ainda ao CNPq, pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALKMIM, F.F.; BRITO-NEVES, B.B.; ALVES, J.A.C. Arcabouço tectônico do Cráton São Francisco – uma revisão. In: J.M. Dominguez & A. Misi (editores), **O Cráton do São Francisco**. Salvador: Convênio SBG-SGM-CNPq, p.45-62, 1993.
2. BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R. Geologia da região do Triângulo Mineiro. **Boletim DNPM/DFPM**, v.136, p.1-140, 1970.
3. CAMPOS, J.E.G. & DARDENNE, M.A. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, p.269-282, 1997a.
4. CAMPOS, J.E.G. & DARDENNE, M.A. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v.27, p.283-294, 1997b.
5. CARVALHO, J.B. **Petrologia de xenólitos mantélicos da Província do Alto Paranaíba, Minas Gerais e Goiás**. Brasília: Tese de Doutorado, IG-Universidade de Brasília, 1997, 239p.
6. CHAVES, M.L.S.C. Sequências cretácicas e mineralizações diamantíferas no Brasil Central e África Centro-Meridional: considerações preliminares. **Geociências**, v.10, p.231-245, 1991.
7. CHAVES, M.L.S.C.; BRANDÃO, P.R.G.; GIRODO, A.C.; BENITEZ, L. Kimberlito Canastra-1 (São Roque de Minas, MG): geologia, mineralogia e reservas diamantíferas. **Revista da Escola de Minas**, v.61, p.357-364, 2008a.
8. CHAVES, M.L.S.C.; ANDRADE, K.W.; BENITEZ, L.; BRANDÃO, P.R.G. Província diamantífera da Serra da Canastra e o kimberlito Canastra-1: primeira fonte primária de diamantes economicamente viável do país. **Geociências**, v.27, p.299-317, 2008b.
9. CHAVES, M.L.S.C.; ANDRADE, K.W.; MOREIRA, L.A. A intrusão diamantífera Abel Régis (Carmo do Paranaíba, MG): kimberlito ou lamproíto? **Revista da Escola de Minas**, v.62, p.431-438, 2009.
10. CODEMIG – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 7, Patos de Minas-Araxá-Divinópolis**. Belo Horizonte: Convênio CODEMIG/CPRM-SGB, 2005-2006, 11 DVDs.
11. DAVIS, G.L. The ages and uranium content of zircons from kimberlites and associated rocks. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 2, 1977, Santa



- Fe (New Mexico-USA). **Extended Abstracts...** Santa Fe, 1977, p.78-80.
12. DAWSON, J.B. & STEPHENS, W.E. Statistical analyses of garnets from kimberlites and associated xenoliths. **Journal of Geology**, v.83, p.589-607, 1975.
13. GRIFFIN, W.L.; FISHER, N.I.; FRIEDMAN, J.H.; RYAN, C.G. Statistical techniques for the classification of chromites in diamond exploration samples. **Journal of Geochemical Exploration**, v.59, p.233-249, 1997.
14. GRÜTTER, H.S.; GURNEY, J.J.; MENZIES, A.H.; WINTER, F. An update classification scheme for mantle-derived garnet for use by diamond explorers. **Lithos**, v.77, p.841-857, 2004.
15. GURNEY, J.J. A correlation between garnets and diamonds in kimberlite. In: Glover, J.E. & Harris, P.G. (editors), **Kimberlite occurrence and origin: a basis for conceptual models in exploration**. Perth: Geology Dept. University Extension, University of Western Australia, Publication 8, p.143-166, 1984.
16. GURNEY, J.J. & MOORE, R.O. 1991. Kimberlite garnet, chromite and ilmenite compositions. Applications to Exploration. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED MINERALOGY, 26, 1991, Pretoria. **Paper 21...** Pretoria, 1991, 25p.
17. GURNEY, J.J. & ZWIESTRA, P. The interpretation of the major element composition of mantle minerals in diamond exploration. **Journal of Geochemical Exploration**, v.53, p.293-309, 1995.
18. HAGGERTY, S.E. Oxide mineralogy of the upper mantle. **Reviews in Mineralogy**, v.25, p.355-416, 1991.
19. HEINECK, C.A.; LEITE, C.A.S.; SILVA, M.A.; VIEIRA, V.S. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, 1:1.000.000**. Belo Horizonte: Convênio COMIG/CPRM, 2003, 1 folha.
20. LA TERRA, E.F. **Audiomagnetotellúrico com fonte controlada (CSAMT) em exploração de kimberlito: kimberlito Régis, Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Faculdade de Geologia - UERJ, Monografia de Graduação, 2006, 35p.
21. LA TERRA, E.F.; MENEZES, P.T.L.; FONTES, S.L.; MIRANDA, J. Controlled-Source Audiomagnetotellurics (CSAMT) in kimberlite exploration: case study at Minas Gerais State, Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ELECTROMAGNETIC INDUCTION IN THE EARTH, 18, 2006, El Vendrell (Spain). **Poster Session...** El Vendrell: 2006, Arquivo em Meio Magnético.
22. LUDWIG, K.R. 2003. **Isoplot 3.00: a geochronological toolkit for Microsoft Excel**. Berkeley: Berkeley Geochronological Center, Special Publication 4, 2003, 70 p.
23. MITCHELL, R.H. **Kimberlites – Mineralogy, Geochemistry, and Petrology**. New York: Plenum Press, 1986, 442p.
24. MITCHELL, R.H. & BERGMAN, S.C. **Petrology of Lamproites**. New York: Plenum Press, 1991, 447p.
25. NIMIS, P.; ZANETI, A.; DENCKE, I.; SOBOLEV, N.V. Major and trace element composition of chromian diopsides from the Zagadochnaya kimberlite (Yakutia, Russia): metassomatic processes, termobarometry and diamond potential. **Lithos**, v.112, p.397-412, 2009.
26. O'REILLY, S.Y. & GRIFFIN, W.L. Eastern Australia – 4000 kilometers of mantle. In: Nixon, P.H. (editor), **Mantle Xenoliths**. New York: John Wiley & Sons, p.267-280, 1987.
27. PEREIRA, R.S. **Cráton do São Francisco, kimberlitos e diamantes**. Brasília: Tese de Doutorado, IG-Universidade de Brasília, 2007, 200p.
28. PEREIRA, R.S. & FUCK, R.A. Archean nuclei and the distribution of kimberlite and related rocks in the São Francisco cráton, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.35, p.93-104, 2005.
29. PIRES, F.R.M. The southern limits of the São Francisco craton. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.56, p.115-126, 1984.
30. POKHILENKO, N.P.; SOBOLEV, N.V.; KULIGIN, S.S.; SHIMIZU, N. Peculiarities of distribution of pyroxenite paragenesis garnets in yakutian kimberlites and some aspects of the evolution of the Siberian craton lithospheric mantle. In: INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 7, 1999, Cape Town. **Proceedings...** Cape Town, 1977, v.2, p.689-698.
31. READ, G.; GRUTTER, H.; WINTER, S.; LUCKMAN, N.; GAUNT, F.; THOMSEN, F. Stratigraphic relations, kimberlite emplacement

- and lithospheric thermal evolution, Quiricó basin, Minas Gerais State, Brazil. **Lithos**, v.77, p.803-818, 2004.
32. SMITH, B.H.S. & SKINNER, E.M.W. Diamondiferous lamproites. **Journal of Geology**, v.92, p.433-438, 1984.
33. SGARBI, G.N. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, eastern plateau of Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.30, p.450-452, 2000.
34. SIMON, E.; JACKSON, S.E.; PEARSONA, N.J.; GRIFFINA, W.L.; BELOUSOVA, E.A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology. **Chemical Geology**, v.211, p.47-69, 2004.
35. SVISERO, D.P.; MEYER, H.O.; HARALYI, N.L.E.; HASUI, Y. A note on the geology of some Brazilian kimberlites. **Journal of Geology**, v.92, p.331-338, 1984.
36. THOMAZ, L.V. **Estudo petrográfico e química mineral da intrusão kimberlítica Régis, no oeste de Minas Gerais**. São Paulo: Dissertação de Mestrado, IG-Universidade de São Paulo, 2009, 143p.
37. TOMPKINS, L.A. & GONZAGA, G.M. Diamonds in Brazil and a proposed model for the origin and distribution of diamonds in the Coromandel region, Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology**, v.84, p.591-602, 1989.
38. VASILENKO, V.B.; ZINCHUK, N.N.; KRASAVCHICOV, L.G.; KUNZNETSOVA, L.G.; KHLESTOV, V.V.; VOLKOVA, N.I. Diamond potential estimation based in kimberlite major element chemistry. **Journal of Geochemical Exploration**, v.76, p.93-112, 2002.

*Manuscrito recebido em: 08 de agosto de 2011*

*Revisado e Aceito em: 17 de setembro de 2012*