

DIAMANTES DE CAPA VERDE: FREQUÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E POSSÍVEL ORIGEM NOS DEPÓSITOS DIAMANTÍFEROS DE MINAS GERAIS

M.L.S.C.Chaves¹; J.Karfunkel¹; A.Banko²; R.Stasiulevicius³; D.P.Svisero⁴

PALAVRAS-CHAVE: diamante, mineralogia, gemologia, capa verde.

CHAVES, M.L.S.C. et al. (1996) Diamantes de capa verde: frequência, distribuição e possível origem nos depósitos diamantíferos de Minas Gerais, *Bol.IG-USP, Sér.Cient.*, 27:51-60.

RESUMO

Diamantes mostrando uma infima película verde, na forma de manchas irregulares, conhecidos como diamantes de "capa verde", são comuns principalmente em certos depósitos sedimentares de Minas Gerais. Cristais de diamante com essas características foram estudados nas mais importantes áreas produtoras da Província Diamantífera do Espinhaço e, comparativamente, na região de Coromandel. A frequência de diamantes com capa verde nesses depósitos varia em percentagens, mas elas são relativamente altas na Província do Espinhaço, onde mostram valores sempre superiores a 25%, podendo localmente alcançar 90%. De outra forma, na região de Coromandel, este valor é inferior a 0,5%. São discutidas as duas principais hipóteses para a origem da capa verde: irradiação *in situ* a partir de minerais radioativos, ou presença de certos elementos cromóforos na parte mais externa dos cristais. A análise dos dados, porém, mostrou que existe uma associação entre os dois fatores, restando determinar a contribuição relativa de cada um deles na intensidade da pigmentação verde.

ABSTRACT

Mottled green diamond crystals and green-coated diamonds are common in diamondiferous sedimentary deposits of Minas Gerais. Diamonds with this characteristic were studied in the most significant areas of the Espinhaço Province and compared with diamonds of the Coromandel region. The frequency of green-coated diamonds in these deposits varies but is relatively high in the Espinhaço deposits with values of 25% or higher, locally up to 90%. On the other hand, in the Coromandel deposits this value is less than 0,5%. We discuss the two main hypotheses for the origin of the green coatings, i.e., radiation damage *in situ*, or the presence of chromophorous elements in the external part of the crystals. Analytical data reveal both factors contributed to the green color. However, the relative contribution of each to the intensity of green coloration has yet to be determined.

INTRODUÇÃO

Cristais de diamante mostrando coloração verde são bastante comuns,

¹Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/UFMG, Belo Horizonte, Brasil.

²Instituto de Mineralogia, Universidade de Viena, Áustria.

³Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), Campus Universitário da Pampulha, Belo Horizonte, Brasil.

⁴Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências/USP, São Paulo, Brasil.

inclusive nos depósitos brasileiros. Esta coloração pode ser verdadeira, isto é, o cristal inteiro a possui, ou então ela é ocasionada pela existência de um capeamento verde (*green coated diamonds*), que pode se apresentar de três maneiras distintas (Vance et al., 1973; Orlov, 1977):

(i) capas verdes opacas, grossas e de variada espessura (geralmente em cristais cúbicos zonados);

(ii) capas verdes densas, translúcidas, com cerca de 20 μ de espessura e;

(iii) pontos ou manchas verdes transparentes, também com espessuras em torno de 20 μ .

Diamantes de coloração verde autêntica são raríssimos e o exemplo clássico deste caso é o "Dresden", com 41ct depois de lapidado, originário da histórica região de Golconda, Índia. Os diamantes de capa verde opaca, também conhecidos como da "variedade IV" (Orlov, 1977), apresentam zoneamento interno onde são reconhecidas três faixas com absorções típicas no infravermelho.

Os diamantes com capas verdes translúcida e transparente são largamente comercializados na região de Diamantina (Minas Gerais), onde representam cerca de 50% da produção local e são a principal "fonte" de diamantes deste tipo no Brasil. A capa, ou casca verde como muitas vezes é conhecida comercialmente, desaparece no polimento durante a lapidação, confirmando que essa feição constitui apenas uma película ínfima que pouco prejudica o valor comercial das pedras. O mesmo ocorre quando o diamante apresenta uma capa de coloração marrom clara ou amarelo "palha", que são ainda mais raras do que as capas verdes.

A partir da constatação de que a freqüência de diamantes com capa verde varia fortemente de uma área diamantífera para outra, foi efetuada uma amostragem nos principais centros pro-

dutores de Minas Gerais, objetivando determinar a distribuição de diamantes com esta característica e, em associação com informações geológicas complementares, as possíveis causas do percentual relativo de pedras assim coloridas. De acordo com vários autores, a presença da capa verde em diamantes dos kimberlitos africanos é devida a irradiação natural dos cristais por partículas α emitidas por minerais (ou soluções) com tório e/ou urânio (Vance et al., 1973; Harris et al., 1977). Orlov (1979), porém, contestou essa hipótese, preferindo atribuir a coloração verde a certos elementos contidos na parte mais externa dos diamantes. Visando também acrescentar dados a este respeito, em uma tentativa preliminar cinco cristais com variados aspectos de coloração foram estudados quanto ao seu comportamento, depois de irradiados com nêutrons. Esses estudos integram a Tese de Doutorado de um dos autores (MLSCC), em fase de finalização no IG/USP.

REGIÕES DIAMANTÍFERAS DE MINAS GERAIS

No âmbito deste trabalho, foram estudadas as duas principais províncias diamantíferas do Estado de Minas Gerais, que se destacam como produtoras de quase 90% de seus diamantes: a do Espinhaço e a do Alto Paranaíba (Chaves et al., 1993).

A Província do Espinhaço (Fig. 1) corresponde aos depósitos diamantíferos diretamente associados à cordilheira homônima, assim como aos sedimentos mineralizados dela derivados, sejam aqueles de idade cretácica (Karfunkel & Chaves, 1995), sejam os de idade cenozóica (Chaves & Uhlein, 1991). Neste contexto, três principais distritos diamantíferos se destacam: os distritos de Diamantina, de Grão Mogol e da Serra do Cabral, sendo que a região de Diamantina é reconhecida como a mais

clássica área produtora de diamantes do Brasil. Cerca de 98% da produção é proveniente da mineração em aluviões cenozóicos, enquanto os restantes 2% resultam da lavra em conglomerados mesoproterozóicos da Formação Sopa Brumadinho, do Supergrupo Espinhaço.

No Distrito de Diamantina, foram selecionadas três localidades para o estudo da freqüência das capas verdes, em combinação com outras características dos diamantes: (1) a Mina do Campo Sampaio, próxima do vilarejo de São João da Chapada, (2) os garimpos situados nos arredores da cidade de Datas e, (3) os depósitos aluvionares do Rio Jequitinhonha (Fig. 1). Nos dois primeiros casos, os diamantes são lavrados em pequenas plantas e garimpos a partir do Conglomerado Sopa, enquanto no Rio Jequitinhonha a lavra se dá por potentes dragas de alcatruzes operadas pelas companhias de mineração Tejucana e Rio Novo.

Na região de Grão Mogol todas as lavras estão em depósitos coluvionares e aluvionares situados na própria serra e originados a partir dos conglomerados proterozóicos da Formação Grão Mogol (Chaves et al., 1996). Toda a produção é comercializada na cidade, facilitando assim estudos a respeito das características dos diamantes. No Distrito da Serra do Cabral, os diamantes são originados dos conglomerados cretácicos da Formação Areado e comercializados na cidade de Jequitai (Chaves et al., 1994; Karfunkel & Chaves, 1995).

Conforme estudos mais recentes, os diamantes das regiões de Diamantina, Grão Mogol e Serra do Cabral, são em geral de tamanho reduzido, com média aproximada de 0,20 ct mas alcançando uma alta proporção de gemas, em geral na faixa de 90-95% (Karfunkel et al., 1994).

Na Província Diamantífera do Alto Paranaíba (Fig. 1), a principal região produtora de diamantes é centralizada

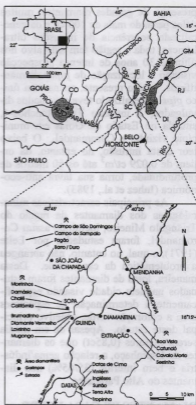


Figura 1 - Províncias diamantíferas de Minas Gerais (em achurado) e a localização das áreas de amostragem dos diamantes. Localidades - CO = Coromandel; SC/JE = Serra do Cabral/Jequitai; GM = Grão Mogol; RJ = Rio Jequitinhonha; DI = Diamantina.

na cidade de Coromandel, sendo que outras áreas menores situam-se ao redor de Romaria e Estrela do Sul. Na atualidade, toda a produção é proveniente de garimpos ou pequenas lavras em depósitos coluvionares e aluvionares recentes, localizados principalmente em afluentes do Rio Paranaíba, como nos rios Santo Antônio do Bonito, Santo Inácio e Douradinho, entre outros. Pela

presença de grandes diamantes, muitos deles pesando mais de 100 ct, e da generalizada ocorrência de intrusões ultrabásicas, toda a região tem sido alvo nos últimos 30 anos de intensa prospecção visando a localização de *pipes* diamantíferos. Até o presente, apenas um único *pipe* mineralizado teve seus dados divulgados, a intrusão Três Ranchos-4, situada no Estado de Goiás em município vizinho a Coromandel. O baixo teor desta intrusão, no entanto, da ordem de 0,029 ct/m³ até os 50 metros de profundidade, torna sua lavra anti-econômica (Inhez et al., 1983).

As principais características mineralógicas dos diamantes da região do Triângulo Mineiro, incluindo assim Coromandel, foram estudadas por Leite (1971), o qual, no entanto, não abrangeu a problemática da capa verde. Desta maneira, lotes de diamantes foram estudados naquela cidade visando especificamente a determinação de espécimes com a coloração verde, objetivo principal deste estudo. Apesar de em média serem maiores (0,85ct) que os diamantes do Espinhaço, a relação gema/indústria é bem inferior (35/65%) nos diamantes do Alto Paranaíba.

DIAMANTES DE CAPA VERDE

Características gerais

Os diamantes de capa verde são relativamente comuns em muitos depósitos brasileiros, principalmente nos de Minas Gerais. Este tingimento externo pode apresentar tonalidades que variam do verde claro ou verde limão até o verde escuro, raras vezes neste último caso com um "toque" acinzentado. Capas de coloração marrom são mais raras, variando do marrom escuro até o amarelo "palha".

O presente estudo considerou a existência de dois tipos principais de capeamento verde: (1) denso, cobrindo em manchas parcial até totalmente a su-

perfície do cristal, sendo facilmente perceptível à vista desarmada e (2) transparente, quando o cristal apresenta uma coloração verde tênue que, sob observação na lupa de 10 aumentos, percebe-se que esta é devida a pontos apresentando um núcleo verde mais intenso rodeado por uma nuvem de pontos ainda menores. A importância das capas verde e marrom em estudos de paleogeotermometria foi destacada preliminarmente em Haralyi & Rodrigues (1992).

Freqüência nos depósitos

A freqüência dos diamantes com capa varia fortemente nos depósitos de Minas Gerais. A Tabela 1 mostra os percentuais de capas verde e marrom nas principais áreas diamantíferas do Estado, que serão discutidos a seguir:

Campo Sampaio: um lote de 525 cristais, totalizando 375,6 ct procedentes da mina do Campo Sampaio, situada a oeste do vilarejo de São João da Chapada (Município de Diamantina), foi estudado graças à cortesia do então proprietário da concessão de lavra (1986), Sr. Victor Siau. Neste local a mineralização ocorre associada a conglomerados e brechas da Formação Sopa Brumadinho, que variam de espessura de 5 a 8 metros. A maior parte dos diamantes do Campo Sampaio apresenta formas simples (octaedros, rombododecaedros e transições entre eles) e um capeamento verde muitas vezes intenso, o que tem sido descrito desde Derby (1879). Assim, cerca de 90% das amostras examinadas mostraram esta característica, entre capas verdes transparente (14,8%) e densa (74,3%).

Datas: esta localidade é um exemplo clássico em que os diamantes estão relacionados ao Conglomerado Sopa, onde a garimpagem ocorre tanto nos vários corpos desta rocha situados logo a leste da cidade, quanto em colúviões e aluviões próximos. Na atualidade, em vista da quase exaustão dos

Tabela 1 - Percentuais de capas verdes e marrom em áreas da Província Diamantífera do Espinhaço, em comparação com a Província Diamantífera do Alto Paranaíba.

| REGIÃO/LOCALIDADE (número de cristais estudados) | CAPAS VERDES (%) | | | CAPA MARROM (%) | SEM CAPA (%) | |
|---|-----------------------------|-------|-------|-----------------------|--------------------|-------|
| | transparente | densa | total | | | |
| ESPINHAÇO | Campo Sampaio (525) | 14,82 | 74,30 | 89,12 | - | 10,92 |
| | Datas (597) | 33,55 | 7,01 | 40,56 | 1,00 | 58,43 |
| | Rio Jequitinhonha (1254) | 28,71 | 7,49 | 36,20 | 0,48 | 63,32 |
| | Grão Mogol (384) | 20,31 | 5,73 | 26,04 | 0,78 | 73,18 |
| | Jequitaiá (408) | 4,41 | 0,24 | 4,65 | 9,31 | 86,03 |
| ALTO PARANAÍBA | Coromandel (352) | 0,57 | 0,00 | 0,57 | - | 99,43 |

depósitos aluvionares, os prospectos têm objetivado principalmente os conglomerados, já que vários níveis associados podem alcançar até 25 m de espessura, e também aos depósitos coluvionares. Diversos pequenos lotes estudados ao longo de 1995, de compradores locais, permitiram obter um perfil quanto às principais características dos diamantes desta área. Das 597 pedras examinadas (208 ct), cerca de 40% apresentaram um capeamento verde, sendo que apareceram ainda alguns poucos diamantes com capa marrom clara, totalizando apenas 1,0% de todo o conjunto.

Rio Jequitinhonha: provavelmente mais da metade dos 16 milhões de quilates já produzidos no Distrito de Diamantina (Chaves & Uhlein, 1991) se originou deste rio, onde ainda hoje a mineração ocorre em grande escala. Os diamantes são lavrados de um cascalho com cerca de 3-4 m de espessura, basal de um aluvião que tem no topo uma camada de areia estéril com quase 10 m de espessura. De um lote contendo 6931 pedras (1398,5 ct), extraído da área dragada pela Mineração Rio Novo, 1254 delas foram estudadas nos es-

critérios desta firma com a colaboração do Dr. Ronald Fleischer. Os dados obtidos são semelhantes aos da área de Datas, apresentando cerca de 36% de diamantes com capa verde. Capas marrons são raríssimas no Rio Jequitinhonha.

Grão Mogol: nesta região do Espinhaço Central, localizada a quase 150 km ao norte de Diamantina, os diamantes ocorrem em delgadas lentes conglomeráticas (2-3 m de espessura) encaixadas nos quartzitos pré-cambrianos da Formação Grão Mogol, ou de coluviões e aluviões derivados (Chaves et al., 1995). A produção atual é pequena, não ultrapassando 120 ct/mês. Por esta razão os 384 cristais de diamantes estudados (42,24 ct), obtidos de compradores e garimpeiros, representam bastante satisfatoriamente a produção local. Da mesma maneira que nas áreas de Datas e do Rio Jequitinhonha, um percentual expressivo de cristais apresentam capeamento verde (26%), sendo que as capas marrons (0,78%) são tão raras como no Espinhaço Meridional.

Jequitaiá: diamantes ocorrem nesta área devido a processos de reconcentração a partir de sua fonte secundária,

os conglomerados cretácicos da Formação Areado (Karfunkel & Chaves, 1995), que afloram reliquiariamente nas porções altas da Serra do Cabral. Depósitos fanglomeráticos, diamantíferos, ocorrem assim por toda borda norte serrana; a garimpagem é efetuada principalmente nas proximidades de Jequitaiá e Francisco Dumont. Foram estudados na primeira localidade 408 cristais (171,4 ct), que mostraram a mais alta relação gema/indústria da região do Espinhaço, ou seja 98/2%. A área se caracteriza ainda por uma anômala proporção de diamantes com capas de cores marrom clara e amarelo "palha" (9,3%), em relação aos diamantes com capa verde (4,6%).

Coromandel: a geologia da região diamantífera do Alto Paranaíba é caracterizada pela presença de inúmeros *pipes* intrusivos, de natureza ultrabásica, incluindo kimberlitos e kamafigitos, a grande maioria deles porém estéreis ou com teores muito baixos para serem considerados de importância econômica (Svisero, 1994). A ocorrência destas rochas nas proximidades dos principais depósitos diamantíferos, sejam eles coluvionares ou aluvionares, em associação a uma baixa proporção de cristais com qualidade gema em relação aos industriais (35/65%), são fortes evidências de que *pipes* mineralizados podem existir na própria região, apesar de que, provavelmente, a maioria deles já deva estar erodida (Chaves, 1991). A presença de capas verdes também é totalmente desigual em relação às verificadas no Espinhaço, não atingindo 1% dos 352 cristais estudados (287,2 ct) na cidade e em garimpos do Rio Santo Antônio do Bonito.

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL x MINERAIS RADIOATIVOS NOS DEPÓSITOS

Os dados fornecidos na Tabela 1

evidenciam a existência de um nítido controle geográfico e, conseqüentemente, da geologia das áreas com a frequência dos diamantes de capa verde. Na principal localidade onde ocorrem diamantes com esta característica, a Mina do Campo Sampaio, um percentual de cerca de 90% de cristais tingidos incluindo significativa parcela de capas densas, indica que a coloração foi adquirida no próprio depósito secundário (kimberlitos e lamproitos são normalmente pobres em tais diamantes).

O estudo dos concentrados de minerais pesados amostrados nesta mina e em aluviões próximos, mostrou a presença constante de monazita [Ce,La,Y,Th(PO₄)] e zircão [ZrSiO₄], que poderiam ser os responsáveis pela irradiação no nível mineralizado. A presença de cério nas capas verdes, conforme será discutida no próximo capítulo, parece comprovar esta hipótese. Raal (1969) descreveu diamantes recolhidos no conglomerado uranífero de Witwatersrand (República Sul Africana), onde 100% deles apresentavam um capeamento verde que foi explicado pela emissão de radiação por partículas alfa ou beta de alta energia.

No Rio Jequitinhonha, o transporte fluvial de algumas dezenas de quilômetros desde a área fonte na serra e a conseqüente diminuição do percentual de capas verdes para cerca de 36% (a maioria composta de capas transparentes), é indicio de uma provável mistura com diamantes provenientes de outras localidades onde ocorreriam menores volumes de pedras tingidas. Não se acredita em desgaste mecânico das capas, pois os diamantes apresentam figuras de corrosão de todos os tamanhos e profundidades, que neste caso também deveriam ter sido erodidas.

Assim sendo, um exemplo típico é o Campo de Datas, que apresentou em torno de 40% de diamantes com capa verde. No estudo do concentrado de mi-

nerais pesados recolhidos em uma das minas da região (Dados de Cima), foi constatada a presença raríssima de monazita na matriz do conglomerado diamantífero, apesar do zircão aparecer em volume semelhante ao verificado em Campo Sampaio. Como a presença de elementos radioativos é muito inferior no zircão em relação à monazita, e explicaria assim a diminuição do volume da população de cristais atingidos pela radiação.

Em Grão Mogol, o conglomerado da "Pedra Rica" foi estudado para seus minerais pesados, objetivando uma comparação com os casos precedentes. Nesta área, uma parcela significativa de diamantes possui capeamento verde ($\pm 26\%$), porém a monazita não foi verificada e os zircões são raros, indicando assim que esses minerais não são os únicos responsáveis pelo capeamento verde.

Analogamente aos estudos desenvolvidos na Serra do Espinhaço, um corpo de rocha conglomerática do Cretáceo Superior, a qual se considera a principal fonte de espalhamento dos diamantes na Província do Alto Paranaíba (Barbosa et al., 1970), foi pesquisado visando seus minerais pesados. Apesar de possuir uma variedade muito maior de minerais, a monazita não foi iden-

tificada entre eles (apenas zircão), sendo verificada uma concentração ínfima (<1%) de diamantes com capa verde.

DISCUSSÃO SOBRE A ORIGEM DA CAPA VERDE

Experimentos realizados

Com o intuito de conhecer o comportamento à radioatividade de diamantes com e sem capeamento, cinco cristais procedentes de Grão Mogol foram irradiados com nêutrons, no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), em Belo Horizonte. O reator utilizado foi um Triga Mark I IPR-R1, de potência máxima de 100 kw e fluxo de nêutrons da ordem de $4,4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (máximo). Os cristais possuíam originalmente diferentes características quanto às suas cores e capeamento, que são mostradas junto com outras propriedades na Tabela 2.

De início os espécimes foram irradiados por alguns minutos, visando a detecção de nuclídeos com meias-vidas curtas. A medição do espectrograma, com detector intrínseco de estado sólido de germânio, não acusou nenhuma anomalia.

Visando posteriormente nuclídeos com meias-vidas longas, o mesmo material foi irradiado por 4 horas, com flu-

Tabela 2 - Principais características dos cristais de diamante irradiados com nêutrons e elementos detectados.

| Amostra | Peso (ct) | Hábito | Cor | Tonalidade | Fluorescência | Capa | Elemento Detectado |
|----------|-----------|----------------------|---------|----------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| MC-CP-01 | 0,27 | Geminado de octaedro | Incolor | Levemente amarelada | Azul (média) | Ausente | Nenhum |
| MC-CP-02 | 0,27 | Octaedro | Incolor | Levemente esverdeada | Azul (média) | Verde transparente | Sc |
| MC-CP-03 | 0,32 | Ballas | Incolor | Levemente esverdeada | Lilás (fraca) | Verde transparente | Ce, Eu, Sc |
| MC-CP-04 | 0,10 | Transição rombo/octa | Incolor | Esverdeada | Lilás (fraca) | Verde densa | Ce, Eu, Sc |
| MC-CP-05 | 0,15 | Transição octa/rombo | Incolor | Ausente | Azul (média) | Ausente | Nenhum |

xo de nêutrons térmicos da ordem de $2,0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A análise do espectrograma permitiu a detecção dos seguintes isótopos radioativos:

- ^{141}Ce , de energia $\gamma = 145,4 \text{ keV}$ e meia-vida aproximada de 32,5 dias,
- ^{46}Sc , de energias $\gamma = 889,4 \text{ e } 1120,3 \text{ keV}$, com meia-vida de 83,9 dias,
- ^{152}Eu , de energias $\gamma = 121, 244 \text{ e } 344 \text{ keV}$.

Todos os diamantes tornaram-se verdes, com tonalidade e intensidade semelhantes, após o procedimento. Para saber se a coloração abrangia os cristais inteiros ou apenas suas zonas mais externas, dois deles (MC-CV-02/05) foram seccionados diametralmente segundo o plano (110). Desta maneira, observou-se que ambas as amostras tornaram-se totalmente verdes. Uma das metades da amostra MC-CV-02, porém, foi ainda polida para biselar uma pequena "ponta" que restou do serramento imperfeito, e o fragmento inteiro retornou à sua coloração original (incolor). Como o disco de polimento atinge altas temperaturas, este aquecimento pode ser admitido como a razão do retorno do mineral à sua antiga cor. A outra metade do cristal foi posteriormente aquecida em uma mufla elétrica que determinou a mudança de coloração na faixa de 450-500°C.

Uma vez demonstrado que o método de ativação por nêutrons mostrou-se útil na determinação de elementos-traço nos diamantes, as mesmas amostras foram novamente irradiadas, uma a uma, para equacionar o problema surgido: os elementos detectados estariam em todas as amostras ou em alguma(s) em particular? Os resultados foram os que se seguem (tempo de contagem = 12.000 segundos):

- MC-CV-01, nenhum elemento detectado,
- MC-CV-02, detectado escândio,
- MC-CV-03, detectados cério, európio e escândio,

-MC-CV-04, detectados cério, európio e escândio,

-MC-CV-05, nenhum elemento detectado.

Considerações genéticas

Os resultados experimentais indicaram que os nuclídeos determinados estavam presentes apenas nas porções externas dos cristais: só as três amostras que apresentavam algum capeamento verde original mostraram a existência dos elementos-traço. Visando a confirmação desses dados, análises adicionais estão em andamento. A coloração verde no cristal inteiro após a irradiação com nêutrons tem sido descrita anteriormente por vários autores, porém não é ainda bem entendida (p.ex., Lenz, 1973; Collins, 1982). Interessante também observar que nenhuma das cinco amostras ficou radioativa após os procedimentos, apresentando no exame com o detector *Geiger-Müller* apenas o dobro da radiação de fundo do ambiente.

Certas considerações devem ser levadas em conta, a respeito das duas principais hipóteses sobre a formação das capas verdes dos tipos estudados:

(1) A primeira considera que a pigmentação verde resultou da ação da radioatividade natural (Meyer et al., 1965; Vance et al., 1973), tendo uma série de evidências a favor. Em destaque, o fato de que todos os diamantes recuperados no conglomerado uranífero de Witwatersrand apresentam esta característica (Raal, 1969). A ocorrência de diamantes com capas verde e marrom é constante, principalmente em áreas onde se conhecem fontes secundárias metamorfozadas (Urais, Costa do Marfim, Witwatersrand, Espinhaço, etc.), onde poderiam estar presentes minerais radioativos provenientes de outras fontes que não kimberlíticas.

(2) De outra forma, está demonstrado que kimberlitos são muito pobres

em minerais radioativos, embora sejam conhecidos vários *pipes* com um razoável volume de cristais pigmentados (Orlov, 1977). Assim sendo, este último autor, considerou difícil que a radiação natural possa ocasionar uma coloração manchada na forma de pontos circulares, preferindo explicar a pigmentação verde pela existência de certos elementos cromóforos espalhados nas zonas mais externas dos cristais. Esses elementos, incluindo Ni, Cu, Mn, Cr e Terras Raras (demonstrados experimentalmente), poderiam se concentrar em centros de defeitos estruturais explicando assim sua posição localizada. A origem desses elementos, por sua vez, estaria no "autometamorfismo" dentro do próprio kimberlito, manifestado durante sua ascensão para níveis crustais.

CONCLUSÃO

As análises efetuadas pelos autores (Tab. 2) evidenciaram que os diamantes com algum tipo de coloração verde externa apresentaram elementos traços como impurezas, indicando nitidamente o relacionamento entre ambos. Porém, a radioatividade natural do meio não pode ser desconsiderada, uma vez que nos conglomerados do tipo Sopa ocorrem sempre minerais que podem conter elementos radioativos. O exemplo clássico deste fato é a monazita associada aos depósitos de São João da Chapada, região de Diamantina. Assim sendo, nos parece que a associação entre os dois fatores citados é a melhor explicação para a origem da pigmentação verde. A contribuição relativa de cada um desses fatores, porém, é um assunto inconclusivo que deve ser ainda melhor pesquisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R.

- (1970) Geologia da região do Triângulo Mineiro. **Boletim. Divisão Fomento da Produção Mineral. Departamento Nacional da Produção Mineral**, n.136, p.1-140.
- CHAVES, M.L.S.C. (1991) Seqüências cretácicas e mineralizações diamantíferas no Brasil Central: considerações preliminares. **Geociências**, v.10, p.231-245.
- CHAVES, M.L.S.C.; UHLEIN, A. (1991) Depósitos diamantíferos da região do Alto/Médio Rio Jequitinhonha, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T.; COELHO, C.E.S. (coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília, DNPM, v.4-A, p.117-138.
- CHAVES, M.L.S.C.; KARFUNKEL, J.; PENA, J.L. (1994) Depósitos coluviais diamantíferos da região de Jequitai-Francisco Dumont. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos**. Balneário Camboriú, SBG. v.1, p.189-190.
- CHAVES, M.L.S.C.; KARFUNKEL, J.; WEGNER, R. (1996) **Geologie und Diamantvorkommen von Grão Mogol, Minas Gerais, Brasilien**. Geowissenschaften (in press).
- CHAVES, M.L.S.C.; DUPONT, H.; KARFUNKEL, J.; SVISERO, D. (1993) Depósitos diamantíferos de Minas Gerais: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DO DIAMANTE, 1., Cuiabá, 1993. **Anais**. Cuiabá, SBG/UFMT, p.79-100.
- COLLINS, A.T. (1982) Colour centres in diamond. **Journal of Gemmology**, v.18, p.37-75.
- DERBY, O.A. (1879) Observações sobre algumas rochas diamantíferas da Província de Minas Gerais. **Archivos do Museu Nacional**, v.4, p.121-132.
- HARALYI, N.L.E.; RODRIGUES,

- L.P. (1992). Considerações sobre a utilização do diamante de "casca" verde e marrom em paleogeotermometria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo, SBG, v.2, p.432-433.
- HARRIS, J.W.; HAWTHORNE, J.B.; OOSTERVELD, M. (1979) Regional and local variation in the characteristics of diamonds from some Southern African kimberlites. In: BOYD, F.; MEYER, H. (eds.) **Kimberlites, diatremes and diamonds: their geology, petrology and geochemistry**. Washington, American Geophysical Union. p.27-41.
- INHEZ, A.C.; PITTHAM, J.; SIMÕES, M.A.; DAL'ARCO, J.; TRINDADE, C.A.; TASSINARI, C.C.G.; SOUZA, J.J.; FREIRE, F.A.; OLIVEIRA, F.C.; MOREIRA, M.L. (1983) Geologia. In: PROJETO RADAM. **Folha SE.22 Goiânia**. Rio de Janeiro, MME, p.1-348 (Levantamento de Recursos Naturais, 31).
- KARFUNKEL, J.; CHAVES, M.L.S.C. (1995) Conglomerados cretácicos da Serra do Cabral, Minas Gerais: um modelo para a redistribuição colúvio-aluvionar dos diamantes do Médio São Francisco. **Geociências**, v.14, p.59-72.
- KARFUNKEL, J.; CHAVES, M.L.S.C.; SVISERO, D.P.; MEYER, H.O.A. (1994) Diamonds from Minas Gerais, Brazil: an update on sources, origin and production. **International Geology Review**, v.36, p.1019-1032.
- LEITE, C.R. (1971) Mineralogia e cristalografia do diamante do Triângulo Mineiro. **Boletim IG-USP**, n.2, p.101-160.
- LENZEN, G. (1973) **Kurzgefasste Diamantenkunde**. Idar-Oberstein, Elisabeth Lenzen Verlag, 156p.
- MEYER, H.O.A.; MILLEDGE, H.; NAVE, E. (1965) Natural irradiation damage in Ivory Coast diamonds. **Nature**, v.206, p.206-392.
- ORLOV, Y.L. (1977) **The mineralogy of the diamond**. New York, John Wiley. 235p.
- RAAL, F.A. (1969) A study of some gold mine diamonds. **American Mineralogist**, v.54, p.292-296.
- SVISERO, D.P. (1994) Distribution and origin of diamonds in Brazil: an overview. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE UPPER MANTLE, 1., São Paulo. **Invited Lectures**. São Paulo, IG/IAG-USP, p.257-287.
- VANCE, E.R.; HARRIS, J.W.; MILLEDGE, H.J. (1973) Possible origins of α -damage in diamonds from kimberlite and alluvial sources. **Mineralogical Magazine**, v.39, p.349-360.

M.L.S.C.Chaves - Departamento de Geologia, IGC/UFMG e Museu de História Natural - Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31.270-901 - Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Recebido 14/08/96
Aprovado 01/10/96