

Micro- and nanometre sized inclusions in diamonds and microdiamonds: a new source of information about diamond genesis and fluid composition

R. Wirth (GeoForschungsZentrum Potsdam, wirth@gfz-potsdam.de)

Inclusions in diamond provide the unique opportunity investigating the mantle rocks where diamond has formed and the fluids from which they have crystallized. Most of all natural diamonds are microcrystalline diamonds (< 0.5 mm). They contain many submicrometer sized or even nanometre sized inclusions. To date spectroscopy was the only method to get information about these inclusions. TEM investigations of inclusions in microdiamond were nearly impossible because of problems preparing electron transparent foils. With the availability of the focused ion beam (FIB) technique situation has changed. Now, FIB allows preparing electron transparent foils even from microdiamonds. With TEM it is possible to determine the structure, chemical composition and paragenesis of micro- and nano-inclusions. The excellent electron transparency of diamond allows keeping the FIB prepared foils rather thick (up to 300 nm). Thick foils make it more likely to observe and investigate those inclusions, which are still closed. With analytical electron microscopy (EDX) or electron energy-loss spectroscopy (EELS) together with diffraction analysis the inclusions can be studied and identified. In a second step, the inclusion are opened drilling a hole with the focused electron beam thus releasing the fluid and gas content. A second analysis of the remaining material provides an estimate of the fluid and gas composition in the inclusion. Additionally to the inclusions, the microstructure of the host diamond can be studied such as dislocation densities, dislocation character, presence of low angle grain boundaries, planar defects, stacking faults and grain boundaries, which might provide us an idea about the thermal history of the particular diamond. The most efficient investigation of inclusions in microdiamonds is the combination of Raman- and IR-spectroscopy together with TEM studies of one and the same sample. This is demonstrated on microdiamonds from Udachnaya (Siberia) and from Ukraina.

Estudo mineralógico de diamantes detríticos da região sul-sudeste do estado de Mato Grosso

Iede Terezinha Zolinger (Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, iede@zolinger@yahoo.com.br); Fernando Pelegrini Spinelli (Instituto de Geociências, USP); Darcy Pedro Svisero (Instituto de Geociências, USP)

Introdução

No presente trabalho são reportados os resultados de uma investigação mineralógica de diamantes detríticos da região sul-sudeste do estado de Mato Grosso, cujos objetivos são os seguintes: a) caracterizar com base em propriedades físicas (morfologia cristalina, granulometria, cor macroscópica, comportamento luminescente, inclusões e relação gema/indústria), o diamante dos municípios de Alto Paraguai (AP), Diamantino (DI), Paranatinga (PA), Chapada dos Guimarães (CG) e Poxoréu (PO); b) comparar os dados obtidos com outras áreas garimpeiras brasileiras tradicionais, e também com jazidas primárias da África do Sul, Estados Unidos, Rússia e Austrália. Os dados discutidos estão baseados no exame individual de diamantes constituintes de lotes representativos das localidades mencionadas. Foram examinados um total de 4.198 cristais, assim distribuídos entre os diferentes distritos garimpeiros estudados: AP 1040, DI 268, PA 1191, CG 233 e PO 1466 cristais, respectivamente. A escolha dos alvos levou em conta o posicionamento geológico dos garimpos, sendo que três localidades (AP, DI e PA) estão situadas na Faixa de Dobramentos Alto Paraguai, enquanto outras duas (CG e PO) estão posicionadas na borda noroeste da Bacia do Paraná.

Morfologia Cristalina

Durante o estudo morfológico dos cristais de diamante, foram adotados alguns critérios cristalográficos que já haviam sido utilizados em trabalhos anteriores (Svisero et al. 1981, Zolinger 2000), e que tiveram como objetivo padronizar esse tipo de trabalho e ao mesmo tempo, permitir correlações entre as diferentes áreas estudadas. As formas cristalográficas examinadas foram divididas em primárias (primitivas) e secundárias (derivadas). As primárias são resultantes do crescimento cristalino, sendo representadas por octaedro e geminados, e subordinadamente pelo cubo e rombododecaedro, todos de faces planas e arestas retilíneas. As formas secundárias são aquelas derivadas das primárias por fenômenos de dissolução exibindo arestas e faces com grau variado de curvatura, além de microestruturas nas faces resultantes de dissolução (Moore & Lang 1974). Estas formas apresentam gradações variáveis entre o poliedro de crescimento de faces planas e arestas retilíneas e o sólido de faces e arestas curvas. O caso mais frequente é a dissolução do octaedro que é a forma primária de crescimento do diamante. Neste caso, a dissolução inicia-se pelas arestas e progride lentamente levando ao desenvolvimento progressivo de superfícies rombododecaédricas que no decorrer do processo reduzem a face octédrica até seu desaparecimento (Figura 1). Formam-se cristais com hábitos variáveis que foram classificados em função da porcentagem do poliedro remanescente da dissolução em: octaédricos quando a porcentagem de face octaédrica é maior que 75%; intermediários ou octarrombododecaédricos em que a porcentagem de octaedro varia entre 75 a 25%, e rombododecaédricos, em que a porcentagem de octaedro é menor de 25%. No caso da forma inicial de crescimento ser o cubo, o esquema de transformação do poliedro original está esquematizado na Figura 2. A dissolução atua sobre as arestas do cubo primitivo produzindo inicialmente combinações entre o cubo e o cubo piramidado, o cubo piramidado de faces e arestas abauladas, e finalmente o pseudo-hexatetraedro, geralmente desproporcionado. A Figura 3 ilustra os principais tipos morfológicos observados entre os diamantes estudados, onde se pode observar o predomínio dos cristais rombododecaédricos.

Granulometria

Durante a análise granulométrica os diamantes foram classificados por meio de peneiras nos intervalo granulométrico definido pelos crivos 6 (1,70mm) e 19 (3,7mm), respectivamente. Os resultados obtidos estão apresentados na forma de diagramas de barra (Figura 4), onde a distribuição é expressa em peso ou em número de cristais, versus os intervalos granulométricos utilizados. Os diagramas mostram que a distribuição granulométrica é multimodal em todas as áreas estudadas. Os resultados mostram similaridades com outras áreas de extração de diamante secundário nas quais a distribuição também é multimodal. O padrão granulométrico de jazidas primárias é unimodal, conforme exemplificado pelos kimberlitos Sloam 1 e 2 do complexo Colorado-Wyoming, Estados Unidos da América (Otter et al. 1994). Os dados obtidos neste trabalho sugerem contribuição de várias fontes distintas.

Cor Macroscópica

Procurando facilitar correlações com outras áreas estudadas, foram adotadas as categorias de cores macroscópicas utilizadas em trabalhos anteriores (Svisero et al. 1981, Zolinger 2000). Os resultados revelaram o predomínio de cristais incolores (52,4%), seguidos pelos castanhos (25,0%), cinzas (15,2%) e amarelos (7,0%), ocorrendo também cristais pretos (0,2%), rosas (0,1%), verdes (0,1%) e lilás (0,1%) ilustrado pela Figura 5. Cristais incolores predominam nas áreas brasileiras já referidas e também em kimberlitos da África do Sul (Harris et al. 1979) e Colorado-Wyoming, USA (Otter et al 1994).

Outras Propriedades

A cor de fluorescência foi analisada utilizando-se lâmpada UV nos comprimentos de onda longa ($\lambda=366\text{nm}$) e curto ($\lambda=253,7\text{nm}$). Os resultados indicaram o predomínio da cor de fluorescência azul entre os lotes examinados, seguidos pelas cores amarelas, rosa, verde e cinza. O estudo de inclusões minerais (olivina, granada e cromita) e outros defeitos internos (jaças claras e escuras) revelaram que a relação Gema/Indústria varia em torno de 50 a 60% nas áreas estudadas, sendo maior que os valores observados em Romaria, MG (Svisero et al. 1981), por exemplo. Esses números contrastam com Juína, MT onde a relação Gema/Indústria é de 10% (Zolinger 2000), e também com a região de Vargem Bonita, MG, onde predomina os diamantes tipo indústria.

Referências Bibliográficas

- Harris, J.W.; Hawthorne, J.B.; Oosterveld, M.M. (1979) - Regional and local variation in the characteristics of diamonds from some southern african kimberlites. Proc 2nd Intl Kimberlite Conf (Washington), 1: 27-41.
- Moore, M. & Lang, A.R. (1974) - On the origin of the rounded rhombic dodecahedral habit of natural diamond. J Crystallog Growth, 26: 133-139.
- Otter, M.L.; McCallum, M.E.; Gurney, J.J. (1994) - A physical characterization of the Sloan (Colorado) diamonds using a comprehensive diamond description scheme. 5th Intl Kimberlite Conf, CPRM Special Publication 1/B Jan 94, 2: 15-31.
- Svisero, D.P.; Felitti, W.; Almeida, J.S. (1981) - Geologia da mina de diamante de Romaria, município de Romaria, MG. Min Metal, XLIV(425): 4-14.
- Zolinger, I.T. (2000) - Aspectos mineralógicos e econômicos de diamantes das regiões de Chapada dos Guimarães, Poxoréu, Diamantino, Paranatinga e Alto Paraguai, Mato Grosso. Dissertação de Mestrado, IGc/USP: 194.

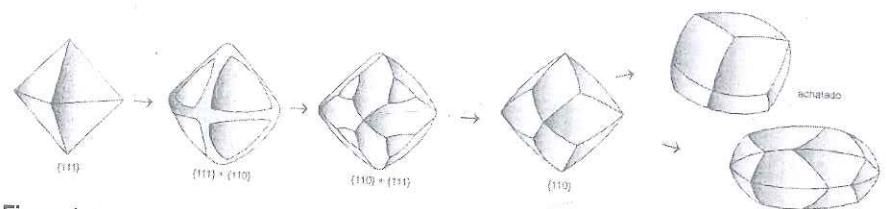


Figura 1: Evolução morfológica do octaedro de crescimento originando formas rombododecaédricas por dissolução.

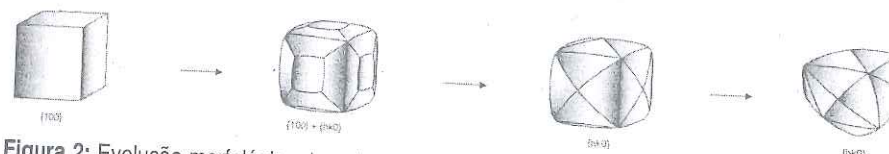


Figura 2: Evolução morfológica do cubo de crescimento originando formas rombododecaédricas (pseudohexatetraedros) por dissolução.

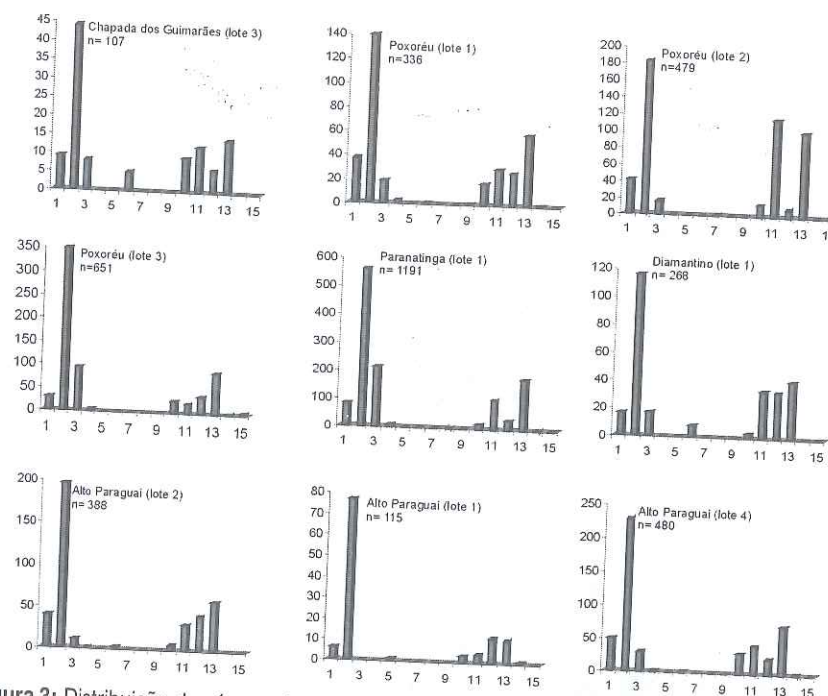


Figura 3: Distribuição do número de cristais (n) em função da morfologia cristalina dos diamantes estudados (1 - octaedro, 2 - rombododecaedro, 3 - octarombododecaedro, 4 - trioctaedro, 5 - cubo, 6 - pseudohexatetraedro, 7 - cubo + rombododecaedro, 8 - cubo + octaedro, 9 - cubo piramidado, 10 - geminado, 11 - irregular, 12 - agregado cristalino, 13 - fragmento de clivagem, 14 - ballas. 15 - carbonado).

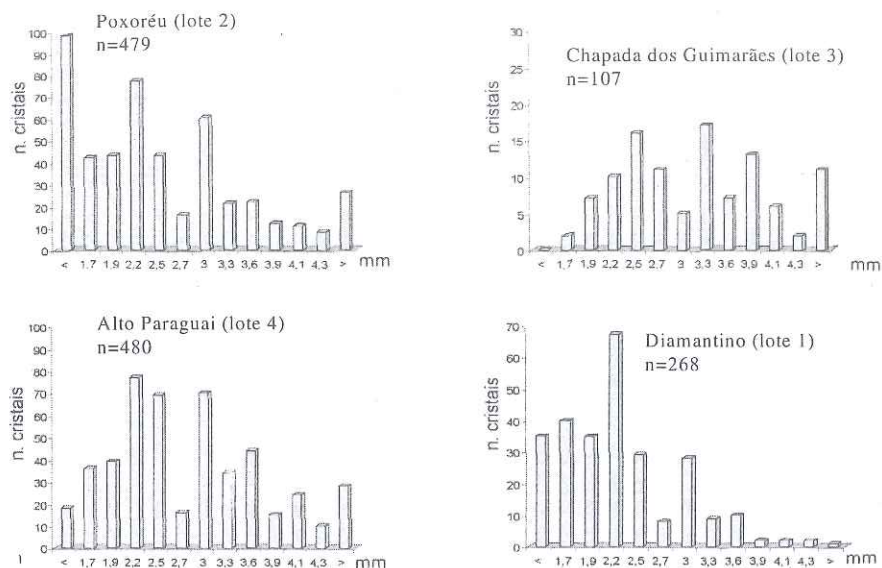


Figura 4: Distribuição (polimodal) do número de cristais (n) em função da granulometria (mm) dos diamantes estudados.

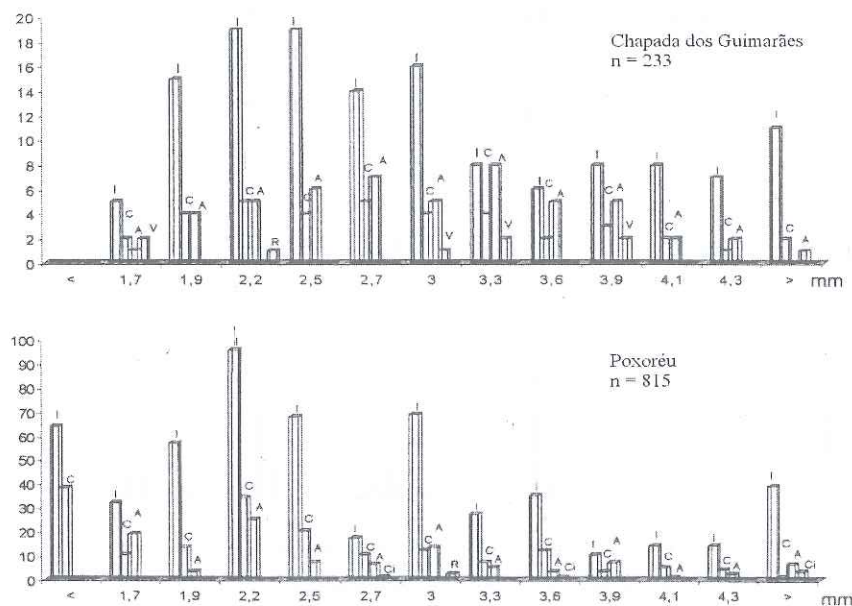


Figura 5: Frequência da cor macroscópica (I - incolor; C - castanho; A - amarelo; Ci - cinza; V - verde; R - rosa) em função da granulometria (mm) dos diamantes estudados.

Field trip to the diamond district of Sopa – Guinda (Diamantina, MG/Brazil)

Pedro Angelo Almeida Abreu (FAFEID, pangelo@fafeid.edu.br);
Friedrich Ewald Renger (IGC/UFGM) & Francisco R. de Abreu (Terra Nova) Rogério
Rodrigues da Silva (IGC/UFGM)

Synthesis of the Stratigraphy and the Geological History of the Espinhaço Basin

Renger & Almeida-Abreu (2000) proposed a stratigraphic scheme for the Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), which presented some modifications concerning previous stratigraphic columns. This stratigraphy (Tab. 1) includes all rocks and units of the “Espinhaço System”, this means all igneous and sedimentary rocks originated and/or deposited during the extensional phase, which generated the “Espinhaço Basin”, as well as such of the external/flexural basins related to the tectonic inversion, which generated the “Espinhaço Orogen”.

The age of the crustal extension that originated the formation and expansion of the “Espinhaço Basin” is well bracketed between 1750 a 1710 Ma (Machado et al. 1989, Schobbenhaus et al. 1994, Dussin et al. 1995). Geochronology of metamorphic/metamorphic events (and late tectonic uplifts) related to the “Espinhaço Orogen” yielded ages between 1500 e 1200 Ma (Brito Neves et al. 1979, Siga Jr. et al. 1987, Teixeira et al. 1990, Cordani et al. 1992).

Thus, the Espinhaço System within the SdEM involves units ranging from about 1750 to 1200 Ma and therefore the groups, which constitute the Espinhaço Supergroup, occupy different compartments and are deposited in different geotectonic environments (Tab. 1).

A permanently humid climate since the prerift phase of the Espinhaço System is recorded by: (1) lack of red beds, even in iron rich sediments; (2) paleoregolites (paleo-laterites/-bauxites) represented by hematite phyllites, which are vivid testimony of very humid climatic conditions and, (3) the general compositional maturity of sediments.

The Desembargador Otoni Group comprises the three formations defined by Chula (1996), which are represented by rocks of an intra-continental basalt volcanism and associated sediments and volcanoclastics. The rocks of this group occur along a N-S trend together with other volcanics at the base of the Espinhaço Supergroup, suggesting deposits of the pre-rift phase of the Espinhaço Basin, therefore probably the establishing of a mantle plume would be responsible for this volcanism as precursor of the crustal extension that generated the Espinhaço Basin.

The Serro Group comprises the units of the Espinhaço System, which borders the eastern SdEM (Tab. 1). In spite of the strong deformation imposed to rocks of the eastern margin of the SdEM, the stratigraphic relation between the Itapanhocanga and Sopa–Brumadinho formations are clearly exposed in some stretches of the region. Lithologies of the Itapanhocanga Formation overly those of the Sopa–Brumadinho Formation and locally a interfingering of the two formations is visible (Paternoster 1979).

The Sero Group comprises the only sediments of the Espinhaço Basin s.s., since all other four groups are either younger than the opening of the basin or were deposited on platforms or restricted troughs, which are bordering the Espinhaço Basin and the Orogen during its evolution.

The Guinda Group represents the major part of the rocks, which form the cordillera of the SdEM (Tab. 1). Comprises three formations of continental environments, deposited on a large coastal platform formed at the western border of the Espinhaço Basin (Fig. 1).