

DADOS QUÍMICOS E MINERALÓGICOS DO TOPÁZIO IMPERIAL DE ANTÔNIO PEREIRA, OURO PRETO, MG.

¹Rojas A.J., ¹Endo I., ²Bello R.M.S., ³Hoffmann P.E., ³Lobo J.A., ⁴da Costa G.M., ⁴Novack K.M., ¹Gandini A.L.

¹Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (arol@degeo.ufop.br / gandini@degeo.ufop.br / issamu@degeo.ufop.br);

²Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (rosabell@usp.br);

³Laboratório de Física de Superfícies da Facultad de Ciencias da Universidad de Los Andes Mérida-Venezuela (hoffmann@ula.ve / alirio@ula.ve);

⁴Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto (magela@iceb.ufop.br / knovack@iceb.ufop.br).

ABSTRACT

The imperial topaz of the Ouro Preto area occurs in the form of prismatic crystals. The size varies from a few millimeters to approximately 20cm, with a predominance of the range 1 to 4cm. The primary occurrences of imperial topaz are associated with carbonate rocks of the Minas Supergroup. Topaz mineralization that occurs in centimeter to decimeter-scale discontinuous veins are related to local extensional domain associated to north-south and east-west trending folds. The mineralized veins and the host metamorphic rocks are intensely decomposed. Analyses of the parameters of the unit-cell presented the following value variations: $a_o = 4.658$ to $4.663\text{\AA}$, $b_o = 8.823$ to $8.832\text{\AA}$, $c_o = 8.382$ to $8.389\text{\AA}$ and $V = 344.65$ to $345.46\text{\AA}^3$. The color, one of the most spectacular properties of this gem-mineral, varies from golden yellow to dark reddish sherry. The refractive index presented a certain range of variation, in which $nX = 1.622$ to 1.630 , $nY = 1.624$ to 1.632 , $nZ = 1.633$ to 1.640 and $B = 0.008$ to 0.011 . The density varied from 3.46 to 3.58 . The infrared spectroscopy was used in the study of fluid inclusions. Fluid compositions were identified as water, carbonic gas, and hydrocarbonates (CH_4). Microthermometric data suggest an evolution from aqueous solutions to CO_2 (CH_4) richer fluids with higher salinity. The topaz is interpreted to have been generated by hydrothermal processes related to Brasiliano event.

key words: imperial topaz; hydrothermal processes; Minas Supergroup.

INTRODUÇÃO

O topázio imperial, mineral muito procurado pela sua cor e raridade, características que aumentam seu valor no mercado gemológico mundial, é atualmente extraído somente no Brasil. Na região de Ouro Preto (MG), existem diversos depósitos desse mineral (Fig. 1), destacando-se entre eles, o de Antônio Pereira, objeto do presente estudo.

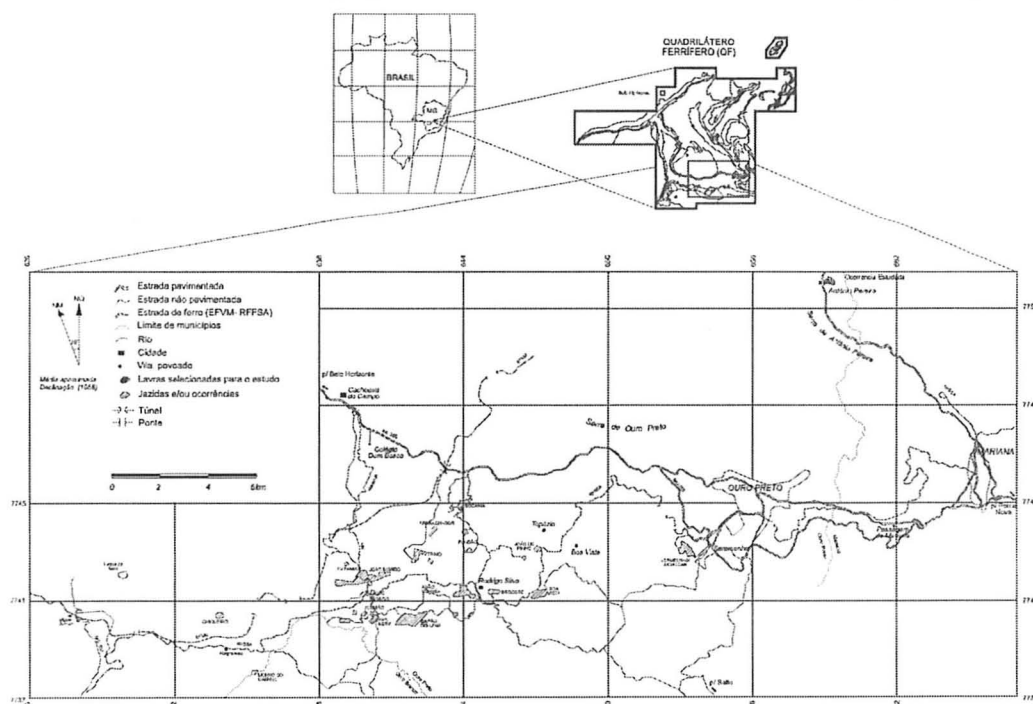


Figura 1 - Localização das várias lavras e/ou ocorrências de topázio imperial, com destaque para a lavra de Antônio Pereira (adaptado de Gandini 1994).

A lavra de Antônio Pereira (7754021N - 658956E), Distrito de Ouro Preto, está situada na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais a, aproximadamente, 106km de Belo Horizonte, 7km a nordeste da cidade de Ouro Preto. O acesso à lavra, partindo de Ouro Preto, se dá pela BR-356, até o Município de Mariana, e pela MG-129, até o Distrito de Antônio Pereira.

O topázio $\{Al_2SiO_4[F_x(OH)_{1-x}]_2\}$ pertence ao sistema ortorrômbico, classe bipiramidal mmm e grupo espacial Pbm. De um modo geral o topázio imperial da região de Antônio Pereira, ocorre com dimensões que variam entre 1 a 5cm, com terminação bipiramidal. Um cristal raro de 13cm de comprimento de 180g, exposto no Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da UFOP, foi encontrado em Antônio Pereira. A cor predominante dos cristais nessa área é o amarelo-alaranjado, com vários matizes.

Apesar de inúmeras investigações de caráter geológico realizadas na ocorrência de topázio imperial de Antônio Pereira não há ainda um consenso sobre a sua gênese (Pires *et al.* 1983, Ferreira 1991, Gandini 1994, Almeida 2004), entre outros. Os estudos estruturais realizados na região de Antônio Pereira comprovam que o topázio Imperial ocorre em veios centimétricos a decimétricos tanto quartzosos como carbonáticos nos mármores dolomitos da Formação Gandarela e também em quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho, pertencentes ao Supergrupo Minas. Os veios contêm ainda mica, florencita (aluminofosfato de Ce) e rutilo (Gandini, 1994).

MÉTODOS UTILIZADOS NA PESQUISA

A seleção e limpeza das amostras foram realizadas no Laboratório de Gemologia do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP).

A densidade relativa de 19 cristais de topázio imperial foi obtida em uma balança analítica eletrônica *BEL-ENGINEERING*, modelo Mark 210A, com capacidade máxima de pesagem de 210g e mínima de 100mg, pertencente ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGQA/DEGEO/EM/UFOP).

As medidas dos índices de refração foram efetuadas por meio de um refratômetro gemológico, *Topcon*, disponível no Laboratório de Gemologia do DEGEO/EM/UFOP.

Os parâmetros de cela unitária de 20 cristais foram determinados por um Difractômetro, *X-Ray Diffractometer Shimadzu*, modelo XRD-6000, com goniômetro horizontal, equipado com tubo de ferro ($\lambda = 1,936\text{\AA}$) e monocromador de grafite, do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (DEQUI/ICEB/UFOP). Os registros foram realizados com contagem de 1000 cps, velocidade do goniômetro de $0,5^\circ/\text{min}$ e intervalo de exposição de 20° a 70° . Para cada amostra foi adicionado 10% de NaCl como padrão. No cálculo do teor de flúor foi utilizado o método proposto por Ribbe & Rosenberg (1971), a partir da equação: $\%F = 155,6 - 35,7(\Delta_{021})$, onde $\Delta_{021} = (2\theta_{NaCl\ 200} - 2\theta_{topázio\ 021})$.

Os espectros de absorção na região do infravermelho (FTIR) foram obtidos a partir de pastilhas de KBr, entre 4.000 e 500cm^{-1} , em um espectrômetro *Spectrum GX de Perkin Elmer*, pertencente ao Laboratório de Física de Superfícies da Facultad de Ciências da Universidad de Los Andes Mérida-Venezuela.

A termogravimetria (TG) e Análises Térmicas Diferenciais (DTA) de 10 amostras de topázio imperial foram realizadas no Laboratório de Análises Térmicas do DEQUI/ICEB/UFOP. O equipamento utilizado foi o *TA Instruments*, modelo SDT 2960 *Simultaneous DTA-TGA*, com uma taxa de aquecimento de $10^\circ/\text{min}$, com fluxo de ar sintético (20% de O_2 e 80% de N_2). Para cada ensaio termogravimétrico foi gerado um gráfico que contém três curvas: TG, DTA, e DTG.

Análises microtermométricas de inclusões fluidas foram realizadas nos laboratórios do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGC-USP) e do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP), utilizando-se de platinas de resfriamento/aquecimento CHAIXMECA, modelo MTM85, visando a determinação dos parâmetros físico-químicos dos fluidos envolvidos na mineralização.

RESULTADOS

O valor da densidade relativa variou de 3,46 a 3,58, sendo que, de um modo geral, os maiores valores estão associados às amostras que apresentam maior percentagem de flúor (Tab. 1).

Tabela 1 - Dados obtidos por diferentes análises para densidade relativa, índices de refração, parâmetros de cela unitária e teor de flúor para amostras de topázio imperial de Antônio Pereira.

Amostras	Densidade Relativa (d)	Índices de Refração			Cela Unitária				% de Flúor
		nX	nY	nZ	a _o	b _o	c _o	V(Å ³)	
AP1	3,48	1,630	1,631	1,638	4,662(1)	8,832(1)	8,386(1)	345,33	17,05
AP2	3,47	1,625	1,629	1,636	4,660(1)	8,826(1)	8,382(1)	344,95	16,48
AP4	3,49	1,623	1,628	1,634	4,658(1)	8,824(1)	8,384(1)	344,65	17,05
AP7	3,53	1,630	1,632	1,638	4,662(1)	8,828(1)	8,388(1)	345,32	16,48
AP8	3,48	1,624	1,628	1,634	4,659(1)	8,825(1)	8,385(1)	344,86	17,05
AP12	3,58	1,630	1,631	1,638	4,663(1)	8,831(1)	8,389(1)	345,46	16,48
AP16	3,46	1,629	1,631	1,640	4,662(1)	8,829(1)	8,386(1)	345,26	16,48
AP19	3,56	1,622	1,624	1,633	4,658(1)	8,823(1)	8,385(1)	344,67	17,01

Os índices de refração estão compreendidos na faixa entre 1,622 e 1,630 para nX, entre 1,624 e 1,632 para nY, entre 1,633 e 1,640 para nZ e sua birrefringência variou entre 0,008 e 0,011 (Tab. 1).

Os parâmetros de cela unitária do topázio variaram de 4,658 a 4,663 Å para a_0 , de 8,823 a 8,832 Å para b_0 , de 8,382 a 8,389 Å para c_0 , e o volume de cela unitária variou de 344,65 a 345,46 Å³ (Tab. 1).

Os teores de flúor ficaram na faixa de 16,48% a 17,05% (Tab. 1).

A razão F⁻/OH⁻ está fortemente relacionada com as propriedades físico-químicas. Segundo Rosenberg (1967) e Deer *et al.* (1992), quanto maior a porcentagem de F⁻, maior será o valor da densidade e menores os índices de refração e o parâmetro b_0 da cela unitária.

O topázio imperial da região de Ouro Preto apresenta a maior substituição do F⁻ por OH⁻ comparado com valores descritos na literatura de cristais de as outras localidades (Petricorena, 1989; Gandini, 1994).

Nos espectros de absorção na região do infravermelho os picos de absorção em 3.640 cm⁻¹ são atribuídos ao estiramento da OH⁻, os picos a 3.414 cm⁻¹ são atribuídos ao estiramento do H₂O, as bandas de absorção a 2.352 cm⁻¹ são indicativas da existência de CO₂, as bandas de absorção a 3.000 cm⁻¹ indicam a presença de um hidrocarboneto, possivelmente CH₄, as bandas de absorção a 1.620 cm⁻¹ indicam a deformação do H₂O.

A partir das análises termogravimétricas foi possível observar a primeira perda de massa endotérmica entre 4,7 a 5,3% em uma temperatura entre 1.209 e 1.231°C e uma segunda perda de massa significativa de 10,5 a 17% entre 1.261 e 1.357°C, sugerindo que o primeiro pico corresponde à perda do grupo hidroxila e o segundo à perda de flúor (Fig. 2) (Da Costa *et al.*, 2000).

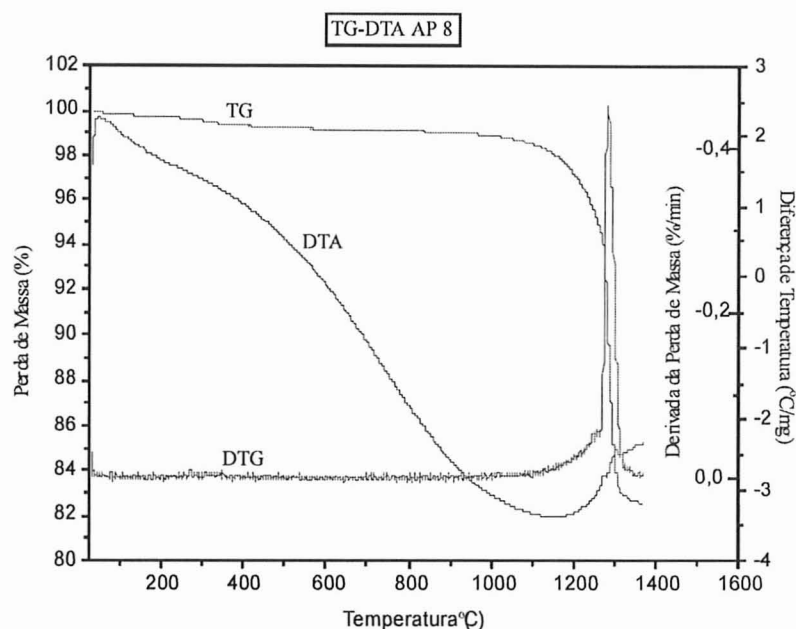


Figura 2 - Curva Termogravimétrica de uma amostra de topázio imperial de Antônio Pereira.

Os estudos petrográficos e microtermométricos mostraram a presença de inclusões fluidas primárias aquosas e de inclusões pseudo-secundárias e secundárias aquocarbônicas, com dimensões variando de 20 a 50 µm. Até o presente, foram obtidas por microtermometria as temperaturas de fusão e homogeneização do CO₂ (Tf_{CO2} e Th_{CO2}), do ponto eutético das soluções aquosas (Te), da fusão do gelo (Tfg) e dos clatratos (Tcl) das inclusões secundárias e pseudo-secundárias, as quais puderam ser subdivididas em três grupos em função da diferença em alguns desses parâmetros (Tabela 2).

Tabela 2 Dados microtermométricos das inclusões da amostra AP50.

Grupo/origem	Nº de fases (25°C)	Te (°C)	TfCO ₂ (°C)	Tfg (°C)	Tfcl (°C)	ThCO ₂ (°C)
1 secundárias.	bifásicas	-72 a -70	-56,6	-6,5	5 a 6	18 a 19
2 pseudo-secundárias.	bifásicas	-65	-56,6	-5,0	8,0	23,5
3 pseudo-secundárias.	trifásicas	-59 a -58	-57,1	-2,0	12,0	29

As Te indicaram soluções compostas essencialmente por H₂O + NaCl + CaCl₂, com base nos dados experimentais de Davis *et al.* (1990). Os valores mais baixos que -52°C (eutético estável do sistema) podem representar metaestabilidade ou mesmo a presença de outros íons associados. Os dados microtermométricos permitiram caracterizar os fluidos quanto à sua composição (frações molares dos componentes), densidades (g/cm³) e salinidades (equivalentes à porcentagem em peso do NaCl.), utilizando-se as equações de estado englobadas no pacote de programas FLUIDS de Bakker (2003) (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos dos fluidos.

	XH ₂ O	XNaCl	XCO ₂	Salinidade	Densidade
Grupo 1	0,7542	0,0406	0,2052	8,03	0,9042
Grupo 2	0,7866	0,0175	0,1959	3,48	0,8893
Grupo 3	0,8133	0,0177	0,1690	3,42	0,8754

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos (Tab. 1) corroboram, de modo geral, com os estudos de Rosenberg (1967) e Ribbe & Rosenberg (1971), que relacionam o aumento do teor de flúor do topázio com o acréscimo nos valores de densidade e um decréscimo nos índices de refração e no parâmetro b_0 da cela unitária desse mineral.

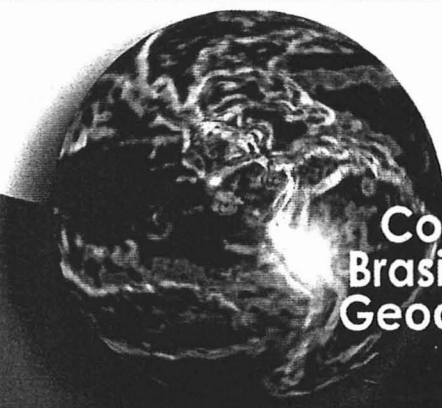
As análises por FTIR permitiram a determinação de alguns componentes presentes nas inclusões fluidas (H₂O, CO₂ e CH₄). Esses dados, junto aos resultados dos estudos microtermométricos indicam uma evolução das soluções, inicialmente aquosas nas inclusões primárias, para fluidos mais salinos e com quantidades crescentes de voláteis (CO₂, CH₄), presentes nas inclusões pseudo-secundárias e secundárias.

O perfil das curvas termogravimétricas sugere o início da alteração do topázio para mulita (Al₆Si₂O₁₃) a uma temperatura de, aproximadamente, 1.000°C.

A hipótese de hidrotermalismo pode ser afirmada a partir dos elevados valores obtidos para a hidroxila, ou seja, o topázio imperial da região de Ouro Preto é rico em hidroxila [$\pm 5\%$ de OH⁻] (Gandini, 1994; Almeida, 2004). Segundo Rosenberg (1967), topázios ricos em OH⁻ têm uma origem pegmatítica e segundo Foord *et al.* (1988), seriam gerados em veios hidrotermais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida A.C.S. 2004. *Estudos químico-mineralógicos e microtermométricos do topázio imperial das minas do Vermelho e JJC, Ouro Preto, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 117 p.
- Bakker R.J. 2003. Package FLUIDS 1. Computer programs for analysis of fluid inclusion data and for modeling bulk fluid properties. *Chemical Geology* 194: 3-23.
- Da Costa M.G., Sabioni A.C.S, Ferreira C.M. 2000. Imperial Topaz from Ouro Preto, Brazil: chemical character and thermal behaviour. *Journal of Gemmology*, 273: 133-138.
- Davis D.W., Lowenstein T.K., Spencer R.J., 1990. Melting behaviour of fluid inclusion in laboratory-grown halite crystals in the systems NaCl-H₂O, NaCl-KCl-H₂O, NaCl-MgCl₂-H₂O and NaCl-CaCl₂-H₂O. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54: 591-601.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1992. *An introduction to the Rock-forming minerals*. 2. ed. Longman Scientific & Technical, Hong Kong, 696 pp.
- Ferreira C.M. 1991. Topázio de Ouro Preto, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T. de; Coelho, C.E.S. *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM. v. 4, p. 303-308.
- Foord E.E., Jackson L.L., Taggart J.E., Crock J.G., King T.V.V. 1988. Environment of crystallization of topaz as determined from crystal chemistry and infrared spectra. *Geological Society of America Abstract with Programs*. p. 224.
- Gandini A.L. 1994. *Mineralogia, inclusões fluidas e aspectos genéticos do topázio imperial da região de Ouro Preto, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 212 p.
- Petricorena M.B. 1989. *Gemas, tratado de gemologia*. Ediciones Aguaviva, Zaragoza, 441 pp.
- Pires F.R.M.; Freitas C.O.; Palermo N.; Sarcia M.N.G. 1983. Geologia e gênese dos depósitos de topázio do Distrito de Ouro Preto - Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2. Belo Horizonte, 1983. *Anais*. Belo Horizonte, SBG. v. 3, p. 283-296.
- Ribbe P.H. & Rosenberg P.E. 1971. Optical and X-ray determinative methods for fluorine in topaz. *American Mineralogist*, 56(9/10): 1812-1821.
- Rosenberg P.E. 1967. Variation in the unit-cell dimensions of topaz and their significance. *American Mineralogist*, 52(11/12): 1890-1895.



XI
Congresso
Brasileiro de
Geoquímica

ANO INTERNACIONAL DO PLANETA TERRA

Geoquímica no Ano Internacional
do Planeta Terra

26223

CD
551.9081
C749
11.a

ANNAIS

2007