

# VESUVIANITA VIOLETA GEMOLÓGICA DO SKARN DE UMBUZEIRO DOCE, PROVÍNCIA SCHEELITÍFERA DA BORBOREMA, NE DO BRASIL

Ana Cláudia Mousinho Ferreira<sup>1</sup>  
Dwight Rodrigues Soares<sup>1</sup>  
Rodrigo José da Silva Lima<sup>2</sup>  
José Suassuna Filho<sup>2</sup>  
José Aderaldo de Medeiros Ferreira<sup>3</sup>

doi:10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v24n1p31-41

<sup>1</sup>IFPB/Campus Campina Grande - a.claudia1@hotmail.com

<sup>2</sup>UFCG/CCT - Unidade Acadêmica de Física

<sup>3</sup>F&T Ltda., Campina Grande (PB)

## RESUMO

O *skarn* de Umbuzeiro Doce está localizado na localidade de São Gonçalo, município de Santa Luzia, Estado da Paraíba, na Província Scheelitífera da Borborema, região do Seridó. Trata-se de uma pequena lente scheelitífera orientada segundo a direção NE-SW, com mergulho médio de 60° para NW e encaixada na parte intermediária de uma camada de mármore branco, contendo em ordem decrescente de percentual modal calcita, granada, vesuvianita, epídoto, diopsídio, actinolita, scheelita, flogopita e magnetita. A vesuvianita violeta ocorre em uma dessas lentes, em uma pequena mancha anômala com área total de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>, com contorno irregular e recortada por fraturas verticais. Esta mancha é considerada como tendo se formado como o resultado do aporte de soluções hidrotermais tardias motivando a aceleração de processos metassomáticos de substituição, que, entre outros fatores, transformaram a vesuvianita de cor mais típica na região, verde lodo, para cristais violetas, muitos deles com cobertura superficial amarela. Os resultados de difração de raios-x e refinamento Rietveld indicam a presença da fase única da vesuvianita (Ca<sub>19</sub>MgFe<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>Si<sub>18</sub>O<sub>70</sub>(OH)<sub>8</sub>), com simetria tetragonal e grupo espacial *P4/nnc*. Os resultados obtidos por refinamento Rietveld exibem os seguintes parâmetros de célula unitária: a=b=15,484 Å, c=11,768 Å, α=β=γ=90°, volume=2.821,513 (Å)<sup>3</sup> e densidade calculada 3,439 g/cm<sup>3</sup>. Apresentam índice de refração  $n_g=1,620$ , e  $w=1,640$  e sua cor é proveniente do Cr<sup>3+</sup>, com alguma contribuição do Fe<sup>2+</sup>. As vesuvianitas violetas de Umbuzeiro Doce são atrativas quando apresentadas em cristais isolados ou em amostras minerais. As gemas quando lapidadas, adquirem tons lilás suaves, além disso, pelo pouco que produziu e por não existir mais a fonte portadora, não pode ser incluída no grupo das gemas de uso corrente em joalheria, sendo restritas ao grupo de gemas raras, de interesse para pesquisadores e colecionadores.

**Palavras chave:** Vesuvianita violeta gemológica; skarn; Província Scheelitífera da Borborema.

**ABSTRACT**

The Umbuzeiro Doce skarn is located in São Gonçalo, Santa Luzia county, Paraíba state, in the Scheelite Borborema Province, Seridó region. This is a small lens of scheelite-rich skarn oriented along the NE-SW direction, with an average dip of 60 ° to NW. This lens occurs within an intermediate portion of a marble layer, containing garnet, diopside, phlogopite, magnetite, epidote, actinolite, calcite and scheelite. The violet vesuvianite occurs in a small portion anomalous with total area of approximately 5m<sup>2</sup>, with contour and cut by irregular vertical fractures. This portion is considered as a result of the contribution of late hydrothermal solutions driving the mineral replacement, which, among other factors, have transformed the green-colored vesuvianite (more typical in the region) green slime, in a violet-colored one, with many crystals showing an yellow-colored surface. The results of x-ray diffraction and Rietveld refinement indicate the presence of single phase vesuvianita (Ca<sub>19</sub>MgFe<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>Si<sub>18</sub>O<sub>70</sub>(OH)<sub>8</sub>), with tetragonal symmetry and space group *P4/nnc*. The results obtained by Rietveld refinement exhibit the following unit cell parameters: a=b=15.484Å, c=11.768Å, α=β=γ=90°, volume=2821,513 (Å)<sup>3</sup> and calculated density of 3.439g/cm<sup>3</sup>. They have refractive index ε=1.620, w=1.640, and its color probably comes from Cr<sup>3+</sup>, with some contribution from Fe<sup>2+</sup>. Violets vesuvianitas of Umbuzeiro Doce are attractive when presented in isolated crystals or mineral samples. The faceted gems when they acquire soft lilac tones, moreover, considering the reduced production and the fact that the carrier source no longer exists, they can not be included in the group of gems commonly used in jewelry, being restricted to the group of rare gems of interest for researchers and collectors.

**Keywords:** Gemological violet-colored vesuvianite; skarn; Scheelite Borborema Province.

**INTRODUÇÃO**

A maior parte da Província Scheelitífera da Borborema está inserida na região do Seridó, abrangendo partes dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Nesta província se destacaram as maiores minas, como Brejuí, Barra Verde, Boca de Lajes, Quixaba, Quixeré, Malhada dos Angicos e Malhada Vermelha, e notabilizaram-se por uma significativa—produção de

tungstênio, durante mais de quatro décadas.

O *skarn* scheelitífero em Umbuzeiro Doce está localizado no município de Santa Luzia, estado da Paraíba, entre as minas de Cacimbas e Albino, na localidade conhecida como São Gonçalo. O acesso é feito pela BR-230, no sentido Santa Luzia – Junco do Seridó por aproximadamente 10 km, onde se toma uma estrada carroçável na direção norte por mais 1,5 km até a ocorrência (Figura 1).

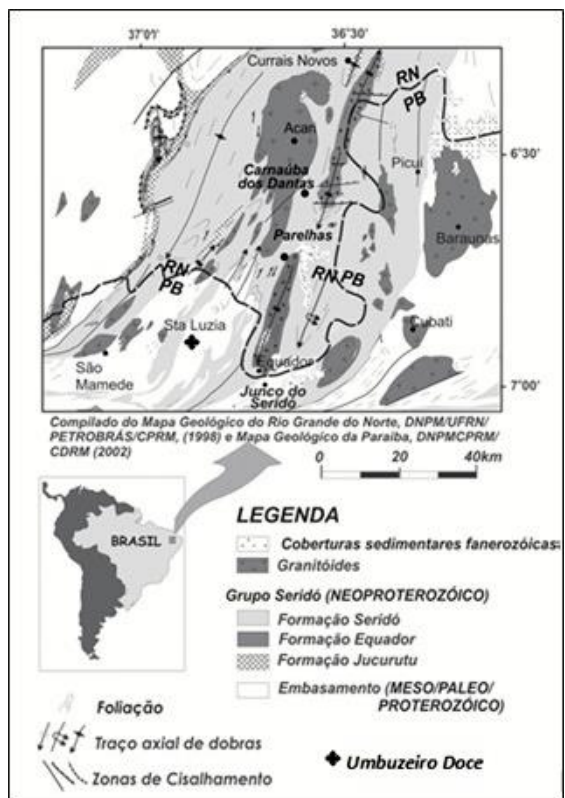


Figura 1. Localização do *skarn* de Umbuzeiro Doce no mapa geológico simplificado da região do Seridó (PB/RN), modificado de Soares (2004).

A lente de *skarn*, em alguns trechos ocorre subdividida em duas, é caracterizada pela presença de cristais de granadas (grossulária) castanho avermelhada; vesuvianitas (verde lodo, típicas da região do Seridó), diopsídio (às vezes na forma de cristais com até 1 cm), epídoto e scheelita.

Em uma dessas lentes de *skarn* observa-se, uma pequena mancha anômala, bem delimitada, onde ocorrem outros minerais: calcopirita, molibdenita, pirita, calcita azul e a vesuvianita violeta.

Ao longo dos anos alguns trabalhos sobre vesuvianitas de diferentes cores e de várias localidades do mundo foram publicados, abordando principalmente a composição química e estrutura dos cristais deste mineral (Rucklidge et al. 1975; Fitzgerald et al. 1986 e 1987; Groat et al. 1992 e 1993; Groat & James Evans 2012). Porém, as

vesuvianitas violetas de Umbuzeiro Doce apenas foram descritas em resumos de Congressos (Ferreira et al. 2010 e 2012) e citadas recentemente em livros (Cornejo et al. 2010; Ferreira 2011).

### ASPECTOS GEOLÓGICOS E MINERALÓGICOS DA OCORRÊNCIA DE SKARN DE UMBUZEIRO DOCE

Os *skarns* são rochas formadas pela interação de três meios, dois deles incluindo rochas diferentes em suas composições e outro constituído por soluções metassomáticas. Os *skarns* cálcicos da Província da Borborema são essencialmente formados por diopsídio-hedenbergita, tremolita-actinolita, escapolita, epídoto, vesuvianita, wollastonita, calcita limitando o *skarn*,

scheelita e alguns sulfetos, como pirita, calcopirita, bornita, molibdenita e galena. Feldspatos, quartzos e granadas (do tipo grossulária), derivados principalmente da participação de fluidos metassomáticos enriquecidos em K, Na, Ca, Si, e substrato relativamente rico em Al (formação de feldspatos e granada), também podem ocorrer nos *skarns* (Einaudi 1982; Souza Neto et al. 2008).

Nas maiores lentes de *skarns* da Província Scheelitífera da Borborema, como as existentes nas jazidas de scheelita em torno de Currais Novos, Rio Grande do Norte, foram também identificados processos hidrotermais, com formação de horizontes/níveis ricos em scheelita, associados a zeólitas, calcita, selenita, fluorita, sulfetos, drusas de quartzo, além de granadas, vesuvianita e epidoto (Andritzky 1972).

A ocorrência de um *skarn* scheelitífero em Umbuzeiro Doce foi descrita pela primeira vez em 1972, como resultado de um trabalho de cooperação técnica entre a SUDENE e a Missão Geológica Alemã (Andritzky 1972). Neste trabalho esta ocorrência é descrita como tratando-se de uma pequena lente com 50 a 100 metros de comprimento e 0,5 a 1,0 metros de espessura encaixada na parte intermediária da camada de um mármore branco, com espessura

superior a 10 metros e cerca de 1 km de comprimento. A lente tem direção geral SW/NE e apresenta um mergulho médio de 60° NW, e foram identificados minerais como granada, diopsídio, flogopita, magnetita, epidoto, actinolita e calcita laranja.

Na região da ocorrência descrita neste trabalho predominam rochas pré-cambrianas antigas, com o domínio de migmatitos e granitos Brasileiros, além de ocorrência subordinada de paragneisses e micaxistos, sotopostos a estes migmatitos e granitos (embasamento pré-cambriano), como são preferencialmente observados em estruturas sinclinais. Naquelas faixas antigas restritas, dobradas, estão intercaladas camadas de mármore, bem como essas estreitas lentes de *skarns*, como as de Umbuzeiro Doce e de São Gonçalo.

Em Umbuzeiro Doce, com a exploração crescente do mármore, foi descoberta a lente de *skarn* em alguns trechos. Esta lente na verdade ocorre subdividida em duas, com espessuras variando entre 10 e 60 cm (Figura 2), apresentando cristais de granadas (grossulárias castanho avermelhada); vesuvianitas (verde lodo; típicas da região do Seridó), diopsídio, às vezes formando pequenos cristais com até 1 cm; epidoto, e scheelita.



Figura 2. *Skarn* de Umbuzeiro Doce: (A) Vista geral da área de ocorrência; (B) Lente de *skarn* scheelitífera

No final de 2007, na sequência de uma das lentes de *skarns*, foi descoberta uma pequena mancha de coloração anômala, bem delimitada, medindo 4,8 metros de comprimento (mesma espessura da lente do *skarn* hospedeiro) e largura máxima de 1,6 metros, apresentando-se com contorno irregular e fraturada (Figura 3).

A pequena mancha tem área total de aproximadamente 5 m<sup>2</sup> e é recortada por fraturas verticais perpendiculares ao seu comprimento, onde a presença de soluções hidrotermais tardias ricas em Cu, Fe, Mo, Bi, Ca e Si residual foram responsáveis pela(o): (i) geração de outros minerais (pirita, calcopirita, molibdenita, bismutina, escapolita, actinolita (hábito acicular) e quartzo); (ii) substituição de minerais pré-existentes, de tal forma a destruírem os vestígios de granada e epídoto; (iii) transformação da calcita branca em azul celeste, ainda em estudo; e (iv) aumento do percentual modal de

vesuvianita, ao mesmo tempo que esse mineral passou de sua cor verde lodo (habitual na região), para cristais de cor violeta, muitos deles com cobertura superficial amarela. É digno de se notar que vesuvianita com tal coloração e aspectos nunca antes tinha sido observado nesta província scheelitífera (Ferreira et al. 2010).

## METODOLOGIA

Os estudos mineralógicos e gemológicos foram realizados no Laboratório Gemológico do Centro Gemológico do Nordeste, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), utilizando-se polariscópio da *Gem Instruments Corporations* (modelo 416), refratômetro para sólidos (Gem Led) e dicróscópio do *Gemological Institute of America* (GIA), escala de Mohs e balança hidrostática *Record*, com carga máxima de



Figura 3. Vista geral da mancha de coloração anômala dentro do *skarn* de Umbuzeiro Doce, em destaque. A vesuvianita violeta e a calcita azul, com calcopirita, molibdenita e pirita associadas ocorreram dentro desta mancha. São mostradas algumas falhas sinistrais.

200 gramas e precisão de 0,01g. Para a observação da luminescência foi utilizado o equipamento de luz ultravioleta de onda curta (UV-254nm), da UPV Inc. Califórnia (115 Volts, 60 Hertz, 116 Amps).

Análises de Difractometria de Raios-X (método do pó) obtidos com o difratômetro *Rigaku DMAX100* com geometria *Bragg Brentano*, do Departamento de Física da UFS, campus de São Cristóvão, equipado com monocromador, no modo contínuo em um range  $2\theta$  de 20-70° e fonte de radiação de  $CuK\alpha$  ( $\lambda=1,5417\text{\AA}$ ). Com base nos padrões de raios X, a estrutura cristalina da vesuvianita investigada foi refinada pelo método Rietveld (Rietveld 1969) com o uso dos programas DBWS-Tools (Bleicher et al. 2000) e DBWS (Young et al. 1995).

Para as análises por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com Espectômetro de Energia Dispersiva (EDS), realizadas para obtenção das imagens micromorfológicas do mineral e determinação de sua composição química qualitativa, foi utilizado o MEV-LEO 4401 acoplado com Espectrômetro de Dispersão de Energia de Raios X (MEV-EDS) com detector de estado sólido tipo Si (Li) marca Oxford, do Instituto de Geociências da USP, com os seguintes padrões:  $Al_2O_3$  (Al-K), wollastonita (Ca-K), Ferro (Fe-K), MgO (Mg-K) e Eudialita Narssarsuk (Si-K). Foram obtidas imagens com aumento de 65x para os detectores de Elétrons secundários – SEI e para elétrons retroespalhados (BSE).

Amostra desse tipo de vesuvianita foi submetida à espectroscopia de Luz Ultra Violeta-Visível (UV-VIS) no Laboratório de Fotoacústica da Unidade Acadêmica de Física da Universidade Federal de Campina Grande. Os espectros de absorção Luz UV-VIS foram obtidos em um espectrofotômetro VARIAN,

modelo CARY 50, com lâmpada de Arc-Xenônio pulsada, utilizando um intervalo de varredura entre 190nm e 1.100nm. O feixe de luz produzido pela lâmpada é monocromatizado e posteriormente dividido em dois, por meio de um divisor *beamsplitter*. Um atravessa a amostra e o outro atravessa o meio de referência (ar). Os espectros de absorção registrados são constituídos pela comparação de intensidade nos detectores de silício entre os feixes de referência e o transmitido pela amostra. Foi obtido um diagrama ABS (absorbância) vs. comprimento de onda (faixa de 190 a 1.110nm).

### CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E QUÍMICA DA VESUVIANITA VIOLETA GEMOLÓGICA DO SKARN DE UMBUZEIRO DOCE

Vesuvianita é um sorossilicato complexo de cálcio, magnésio e alumínio, podendo apresentar também Ti e Mn e quantidades menores de Be, Cu, Zn ou B. É expressa pela fórmula geral  $Ca_{19}(Al,Fe)_{10}(Mg,Fe)_3[Si_2O_7]_4[SiO_4]_{10}(O,OH,F)_{10}$  e, de acordo com Deer et al. (2010), oito dos 18 átomos de Si da fórmula unitária formam grupos  $Si_2O_7$  e os outros dez formam grupos  $SiO_4$  independentes.

Este mineral ocorre mais frequentemente em rochas metamórficas, especialmente em *skarns*. As vesuvianitas violetas de Umbuzeiro Doce ocorrem: (i) como cristais prismáticos grossos (os maiores com 7 x 5 cm, alguns totalmente) e bem formados, muitos deles transparentes, formando belíssimas drusas; (ii) com zoneamento, tendo um núcleo violeta e uma borda delgada de coloração amarelo mel indicando um processo de substituição hidrotermal tardio; (iii) em massas compactas, associadas à calcita azul, molibdenita, pirita e calcopirita (Figura 4).





Figura 4. Amostras da vesuvianita violeta de Umbuzeiro Doce. A amostra da imagem superior com (12 x 10) cm e a da imagem inferior, parcialmente zonada, com (10 x 5) cm.

Quinze amostras, sendo sete brutas e oito lapidadas, foram selecionadas para determinação de propriedades físicas e ópticas.

As vesuvianitas das amostras investigadas (Figura 5) apresentaram dureza entre 6 e 7; clivagem imperfeita, paralela ao alongamento dos cristais; e, densidade, determinada em sete amostras brutas, variando de 3,4 a 3,5 g/cm<sup>3</sup>. As vesuvianitas com qualidades

de gemas (Figura 6) tem brilho vítreo, forte pleocroísmo nas cores vermelho e azul, são anisotrópicas, uniaxial negativa, com índice de refração  $n = 1,691-1,693$  e  $w = 1,696-1,700$  e birrefringência entre 0,005 a 0,007. Para obter o índice de refração foram utilizadas oito amostras lapidadas, pesando entre 0,20 e 0,47 quilates, e realizadas entre seis e oito leituras em cada amostra, e calculando-se a média.

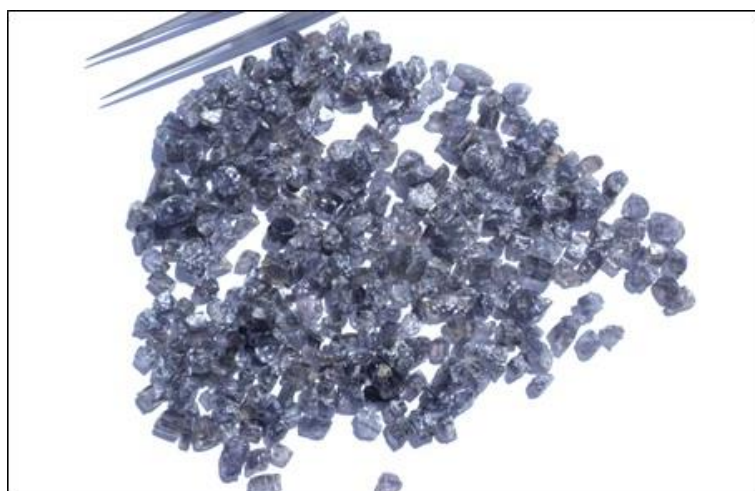


Figura 5. Lote de vesuvianitas gemológicas, com até 1 cm de comprimento, de coloração violeta, brutas e prontas para lapidação.

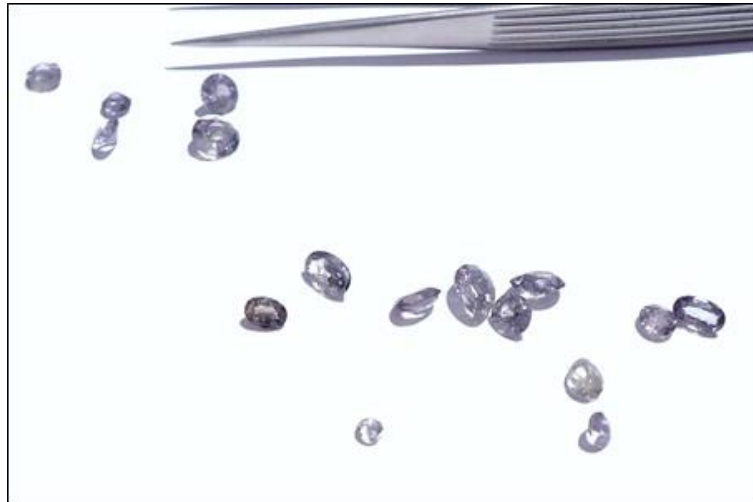


Figura 6. Vesuvianitas de coloração violeta gemológica, lapidadas, com até 0,8 cm de comprimento e pesando entre 0,10 e 0,50 quilates.

As análises de Difração de Raios-X e os resultados do refinamento Rietveld (Figura 7) indicam a presença da fase única da vesuvianita  $\text{Ca}_{19}\text{MgFe}_2\text{Al}_{10}\text{Si}_{18}\text{O}_{70}(\text{OH})_8$ , conforme Rucklidge et al. 1975, com simetria

tetragonal e grupo espacial  $P4/nnc$  (Figura 8). Os resultados obtidos exibem parâmetros de célula unitária como se segue:  $a = b = 15,484 \text{ \AA}$ ,  $c = 11,768 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ , volume da célula unitária  $V = 2821,513 (\text{ \AA}^3)$  e densidade calculada  $3,439 \text{ g/cm}^3$ .

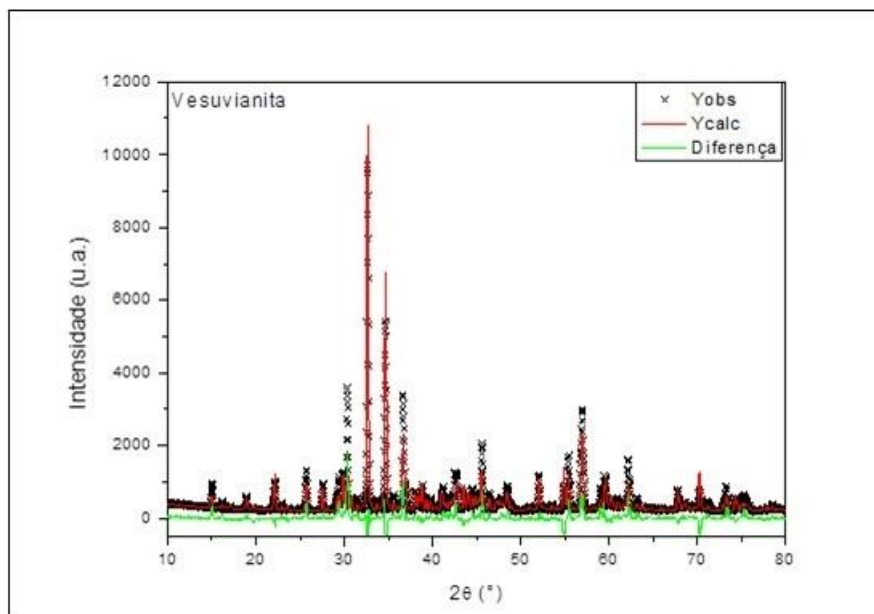


Figura 7. Padrão de difração de Raios-X e refinamento Rietveld da vesuvianita gemológica violeta. No detalhe as intensidades observadas -Yobs, calculadas -Ycalc) e a sua diferença, exibindo uma boa correlação.



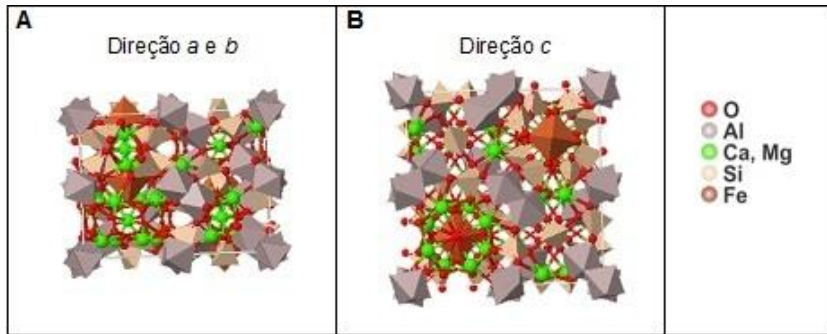


Figura 8. Representação da estrutura cristalina da vesuvianita: (A) Arranjo atômico na Direção perpendicular aos eixos *a* e *b*; (B) Arranjo atômico na Direção perpendicular ao eixo *c*.

As análises com o MEV-EDS forneceram dois resultados de composições químicas pontuais e a obtenção de imagens com aumento de 65x da vesuvianita estudada (Figura 9).

Os resultados analíticos, obtidos para a vesuvianita violeta, em (% peso), foram CaO=38,11; MgO=2,09; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1,06; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=18,94; e SiO<sub>2</sub>=34,79.

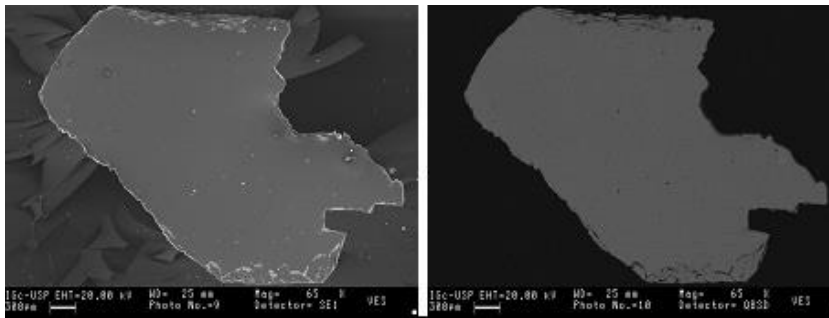


Figura 9. Imagens por microscopia eletrônica de varredura da superfície de uma amostra de vesuvianita violeta gemológica, aumento de 65x e variação SEI (imagem da esquerda) e OBSD (imagem da direita) nos detectores.

O espectro UV-VIS obtido com em uma amostra da vesuvianita violeta estudada (Figura 10) exibe uma banda larga de Absorbância (ABS), centrada em aproximadamente 575nm, que é atribuída à transição do estado fundamental  $^4A_2$  do Cr<sup>3+</sup> para o estado excitado  $^4T_1$  do Cr<sup>3+</sup> ( $^4A_2 \leftrightarrow ^4T_1$ ), e outra banda atribuída ao Cr<sup>3+</sup> está

centrada em 690nm. Além disso, foi verificada a presença do Fe<sup>2+</sup>, devido às linhas centradas em aproximadamente 725 e 1.100nm, o que indica que a cor das vesuvianitas investigadas é possivelmente proveniente do Cr<sup>3+</sup>, com alguma contribuição do Fe<sup>2+</sup> (Ferreira et al. 2012).

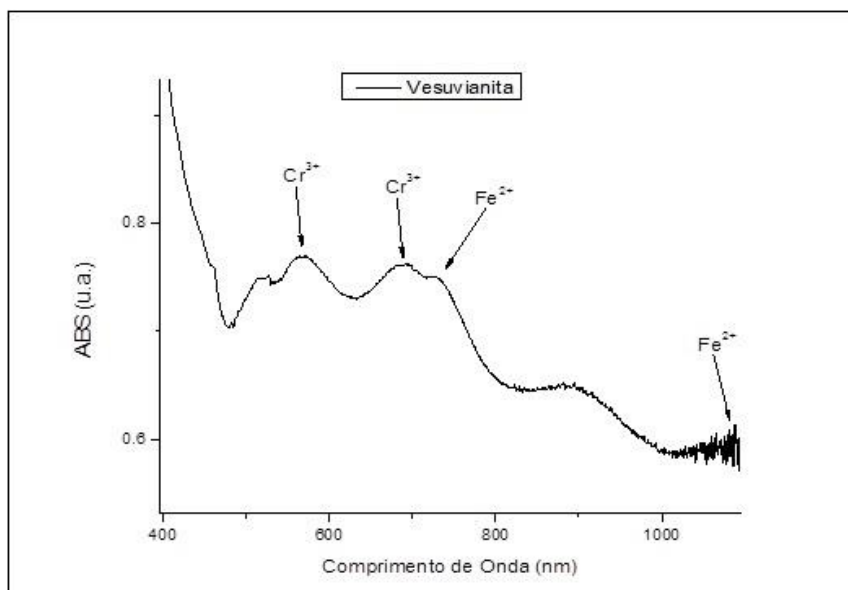


Figura 10. Espectro de Luz Ultra Violeta-Visível ABS (absorbância em unidades arbitrárias – u.a.) vs. comprimento de onda (faixa de 190 a 1.110nm) de uma amostra de vesuvianita violeta gemológica. São indicadas as bandas de absorvância do  $\text{Cr}^{3+}$  (575 e 690nm) e do  $\text{Fe}^{2+}$  (725 e 1.100nm).

## CONCLUSÕES

É interessante destacar que todo o processo de transformação mineral evidenciado nas lentes de *skarns* de Umbuzeiro Doce, aconteceu apenas na pequena mancha anômala (área de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>) resultando na ocorrência regional única da vesuvianita violeta com qualidades gemológicas, assim como da calcita azul celeste, nunca antes encontradas na Província Scheelitífera do Seridó.

Este trabalho revela a presença de uma única fase da vesuvianita,  $(\text{Ca}_{19}\text{MgFe}_2\text{Al}_{10}\text{Si}_{18}\text{O}_{70}(\text{OH})_8)$ , com simetria tetragonal e grupo espacial  $P4/nnc$ , com os seguintes parâmetros de célula unitária:  $a = b = 15.484 \text{ \AA}$ ,  $c = 11.768 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  e  $V = 2821.513 (\text{ \AA})^3$ . E ainda que as vesuvianitas estudadas contem os seguintes elementos químicos (% peso):  $\text{CaO} = 38,11$ ;  $\text{MgO} = 2,09$ ; ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,06$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,94$ ; e  $\text{SiO}_2 = 34,79$ . De forma conclusiva, os dados obtidos neste estudo apontam o  $\text{Cr}^{3+}$  como o principal

elemento causador da cor azul violeta das vesuvianitas de Umbuzeiro Doce, com a possibilidade da contribuição do  $\text{Fe}^{2+}$ .

As vesuvianitas de Umbuzeiro Doce são belas e atrativas quando apresentadas em cristais isolados ou em amostras na matriz. Lapidadas, tornam-se muito claras, em tons lilás suaves, lembrando algumas tanzanitas. Somando-se a este fato a limitada quantidade existente, não só pelo pouco que produziu como também por não mais existir a fonte portadora, desapareceu totalmente a possibilidade do seu enquadramento entre o grupo das gemas de uso corrente em joalheria, inviabilizando uma avaliação econômica das mesmas. Portanto, estas vesuvianitas ficaram restritas ao grupo de gemas raras, de interesse para pesquisadores e colecionadores.

## REFERÊNCIAS

Andritzky, G. 1972. *Geologia e ocorrências de scheelita na área de*

- Santa Luzia (Paraíba e Rio Grande do Norte)* – SUDENE/Missão Geológica Alemã, Hannover, vol.II, 147p.
- Bleicher, L.J. & Sasaki, M.; Paiva-Santos, C.O. 2000. Development of a graphical interface for the Rietveld refinement program DBWS, *Journal of Applied Crystallography*, 33: 1189.
- Cornejo, C.; Bartorelli, A. 2010. *Minerais e pedras preciosas do Brasil*, São Paulo, Solaris Edições Culturais, 701p.
- Deer, W.A.; Howie, R.A., Zussman, J. 2010. *Minerais constituintes das rochas – uma introdução*. 4ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 724p.
- Einaudi, M.T. & Burt, D.M. 1982. Introduction - terminology, classification and composition of skarn deposits. *Economic Geology*, 77 (4): 745-763.
- Ferreira, A. C. M.; Ferreira, J. A. M.; Soares, D. R.; Tavares, J. F.; Machado Filho, H. 2010. Vesuvianitas violetas do tactito de Umbuzeiro Doce, Província Sheelitífera do Seridó, NE do Brasil. In: CD-ROM do 45 Congresso Brasileiro de Geologia, Belém. (versão em CD-ROM).
- Ferreira, A. C. M.; Soares, D. R.; Suassuna Filho, J.; Lima, R. J.da S.; Ferreira, J. A. M. Tavares, J. F.; Lourenço Neto, M. 2012. Caracterização da cor das vesuvianitas violetas do tactito de Umbuzeiro Doce a partir de análises Uv-visível. In: CD-ROM do 46 Congresso Brasileiro de Geologia, Santos. (versão em CD-ROM).
- Ferreira, J. A. de M. 2011. *Trilhas da Mineração no Seridó*. Campina Grande, SEBRAE, 236p.
- Fitzgerald, S.; Leavens, P.B; Rheingolg, A.L. 1986. Crystal structure of a – bearing vesuvianite. *American Mineralogist*, 71: 1011-1014.
- Fitzgerald, S.; Rheingolg, A.L.; Leavens, P.B.; Nelen J.A. 1987. Crystal structure of a Cu – bearing vesuvianite from San Benito County, California. *American Mineralogist*, 72: 625-628.
- Groat, L.A.; Hawthorne, F.C.; Ercit, T.S. 1992. The chemistry of vesuvianite. *Canadian Mineralogist*, 30: 19-48.
- Groat, L.A.; Hawthorne, F.C.; Ercit, T.S. 1993. The symmetry of vesuvianite. *Canadian Mineralogist*, 31: 617-635.
- Groat, L.A. & James Evans, R. 2012. Crystal chemistry of Bi- and Mn-bearing vesuvianite from Långban, Sweden. *American Mineralogist*, 97: 1627-1634.
- Rietveld, H. M. 1969. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. *Journal of Applied Crystallography* 2: 65-71.
- Rucklidge, J.C.; Kocman, V.; Whitlow, S.H.; Gabe, E.J. 1975. The crystal structure of three Canadian vesuvianites. *Canadian Mineralogist*, 13: 15-21.
- Soares, D.R. 2004. Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, UFPE. Recife, 271p.
- Souza Neto, J.A.; Legrand, J.M.; Volfinger, M.; Pascal, M-L.; Sonnet, Ph. 2008. W-Au skarns in the Neo-Proterozoic Seridó Mobile Belt, Borborema Province in northeastern Brazil: an overview with emphasis on the Bonfim deposit. *Mineralium Deposita*, 43: 185-205.
- Young, R.A.; Sakhivel, A.; Moss, T.S.; Paiva-Santos, C.O.J. 1995. *Journal of Applied Crystallography*, 28: 366.