

Análise gemológica e de inclusões em cristais de berilo da região de Pedra da Onça, Santa Teresa - ES

Gemological and inclusion analysis in beryl crystals from the Pedra da Onça region, Santa Teresa - ES.

Anísio Cláudio Rios Fonseca¹; Gustavo Fia Galvêas²

¹ Centro Universitário de Formiga – Unifor – MG, Formiga, MG – Brasil.

² Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.

Resumo

Introdução: Os berilos estudados são águas marinhas e heliodoros da Pedra da Onça, distrito de Santa Teresa - ES, Brasil. O pegmatito está situado na suíte G5 da província pegmatítica oriental, situada no maciço Várzea Alegre, encaixado em gnaisses, paragnaisses e ortognaisses. **Objetivos:** Caracterizar 40 berilos brutos e 52 lapidados quanto sua mineralogia, gemologia, inclusões e descontinuidades óticas. **Metodologia:** Coleta, registros fotográficos, caracterização do pegmatito, análises com microscópio gemológico e de Imersão, balança hidrostática, polariscópio, refratômetro e lupa. **Resultados:** Valores de densidade e índice de refração (IR) indicam que são de zonas diferentes do pegmatito, com inclusões de fluidos primários e secundários, tubos de crescimento e cristais negativos com inclusões polifásicas e tipo *melt*, fraturas com inclusões fluidas monofásicas, cristais negativos com inclusões polifásicas, presença de linhas de crescimento e canalículos com inclusões bifásicas. **Conclusão:** A análise mineralógica dos berilos brutos foi coerente com os valores clássicos, tendo como característica morfológica particular a presença de dissoluções em forma de tubo central, alinhadas ao longo do prisma. As gemas possuem boa classificação, com notas totais entre 6 e 9 para cor e 6 e 8 para pureza, indicando excelente potencial gemológico para berilos provenientes desse depósito.

Palavras-chave: Análise gemológica; Berilo; Mineralogia; Província Pegmatítica Oriental.

Autor correspondente:

Anísio Cláudio Rios Fonseca

Endereço: Rua George Khouri, 200 – Centenário

CEP:35576-200 – Formiga (MG), Brasil.

E-mail: anisiogeo@uniformg.edu.br

Recebido em: 27/03/2019

Revisado em: 10/09/2019

Aceito em: 22/04/2020

Publicado em: 03/06/2020

Abstract

Introduction: The studied beryls are aquamarine and heliodor of Pedra da Onça, district of Santa Teresa - ES, Brazil. The pegmatite is situated in the G5 suite of the eastern pegmatitic province, located in the Várzea Alegre massif, embedded in gneisses, paragneisses and ortogneisses. **Objectives:** To characterize 40 raw and 52 polished beryls as to their mineralogy, gemology, inclusions and optical discontinuities. **Methodology:** Collection, photographic records, characterization of pegmatite, gemological and immersion microscopic analysis, hydrostatic balance, polariscope, refractometer and magnifying glass. **Results:** Density values and refractive index (IR) indicate that they are of different areas of the pegmatite, with inclusions of primary and secondary fluids, growth tubes and negative crystals with polyphase and melt type inclusions, fractions with single-phase fluid inclusions, negative crystals with polyphase inclusions, presence of growth lines and canaliculi with biphasic inclusions. **Conclusion:** The mineralogical analysis of the crude beryllium was consistent with the classical values, with the presence of central tube dissolutions aligned along the prism. The gemstones have a good classification, with total marks between 6 and 8 for color and 6 and 8 for purity, indicating excellent gemological potential for beryls from this deposit.

Keywords: Gemological analysis; Beryl; Mineralogy; Eastern Pegmatitic Province.

Introdução

O corpo pegmatítico situado em alto Várzea Alegre, região de Santa Teresa - ES tem várias ocorrências de minerais gemológicos, dentre os quais as águas marinhas²¹. A Pedra da Onça, situada à latitude: 19°53'54.30"S, longitude: 40°48'54.93"W, possui 400 metros de altitude e é região limítrofe dos municípios Santa Maria do Jetibá, Santa Teresa e Itarana, com o maior número de ocorrências, e possui histórico de diversas lavras em atividade desde 1941. Essa descoberta trouxe fama para a região e causou a migração de milhares de garimpeiros, o que concedeu a Santa Teresa o codinome de "Serra Pelada do Espírito Santo"^{18,19}.

A região possui relevo de morros, com declividade entre 45% e 75% em mais da metade da sua área. Santa Teresa possui área de 694,54 Km², população de 23.432 habitantes, altitude de 675m e temperatura média anual de 16°C e bioma de Mata Atlântica^{15, 19}. Os corpos graníticos da região são arredondados devido à erosão sucessiva das camadas superiores. Trabalhos

científicos sobre minerais gemas nessa região são escassos, principalmente em relação à análise gemológica dos berilos. O único relato é o de Taufner¹⁸, baseado em experiências pessoais e depoimentos de pessoas envolvidas na exploração de minerais gemológicos em Santa Teresa e adjacências. A parte lavrada tem seis metros de profundidade, diâmetro de 77 m e área de 263 m². Essa lavra constituiu importante jazida de água marinha, com exemplares de excelente qualidade e grandes cristais. Descoberta em 1941, a lavra atraiu o interesse da população da região (Itarana, Santa Teresa, Itaguaçu, Afonso Cláudio e Baixo Guandu)^{8,18}. A quantidade de pedras preciosas retiradas foi entre cerca de 1000 e 2000 Kg de águas marinhas, toneladas de quartzo hialino e outras gemas em menor quantidade, tais como morganita, heliodoro e crisoberilos, segundo relatos de garimpeiros envolvidos na lavra. A **FIGURA 1** ilustra a Pedra da Onça, área alvo do presente estudo.



FIGURA 1: Pedra da Onça vista de Várzea Alegre.

A região está inserida na província pegmatítica oriental, numa faixa NNE-SSW com cerca de 800 km de comprimento e 100 a 150 km de largura, do sul do Estado da Bahia até o sudeste de Minas Gerais, até o Rio de Janeiro^{9,12,21}. As intrusões têm composição granítica e charnockítica, com termos enderbíticos e mais básicos subordinados, idades entre 520-490 M.a.^{2,13,15}. O maciço de Várzea Alegre aflora nos municípios de Itaguaçu, Itarana e Santa Tereza, é um corpo quase circular inserido no arco magmático tardi-brasiliano da região^{10, 14,20}, encaixado em gnaisses, paragnaisses e ortognaisses derivados do complexo Alegre^{9,10,11,12}.

Os pegmatitos portadores de água marinha ocorrem intrudidos em microclina granitos porfiríticos. As características do depósito são de um pegmatito

intermediário, zonado e pouco diferenciado quimicamente^{1,13,14,15,16,19,20,21}. A evolução de um pegmatito se dá com sua cristalização, a partir de um magma rico em elementos voláteis³. Assim se formaram “gem pockets” (caldeirões) por meio da dissolução de minerais por ação de fluidos residuais ácidos. Os berilos encontrados em pegmatitos de grau intermediário de evolução apresentam geralmente cristais dentro do corpo granítico, exibindo hábito maciço e baixo potencial gemológico. Em pegmatitos com grau avançado de evolução os minerais tendem a se apresentar inteiramente cristalizados, de forma que esses pegmatitos apresentam elevado potencial gemológico. A **FIGURA 2** ilustra a localização do Orógeno Araçuai e Faixa Congo Oriental.

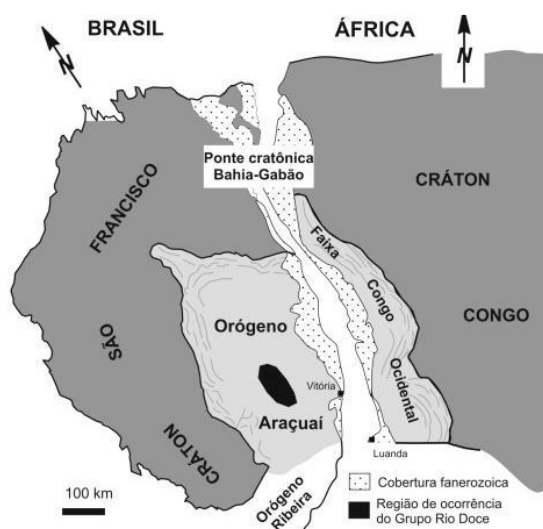


FIGURA 2 - Localização do Orógeno Araçuai e Faixa Congo Oriental em relação aos Crátons do São Francisco e Congo e Orógeno Ribeira (VIEIRA e MENEZES, 2015, p. 40 *apud* ALKIMIM *et al.*, 2006)

O corpo pegmatítico em estudo sofreu anatexia, passando por remineralizações sucessivas, com corpos de substituição frequentes e formação de gem pockets, e podem ser encontrados polimorfos do grupo do feldspato (feldspato microclínio, albita variedade clevelandita) indicando as sucessivas transformações pelas quais o mineral passou. Além de berilo e feldspato, o pegmatito produziu muscovita, biotita, lepidolita, hematita e turmalina negra de baixa qualidade.

Os objetivos deste trabalho foram os de caracterização morfológica, física, gemológica e de inclusões em cristais de berilo.

Metodologia

Foram realizadas coletas no topo e no sopé da Pedra da Onça, registros fotográficos e caracterização do pegmatito¹⁹. As análises gemológicas foram realizadas com microscópio gemológico de eixo vertical e de Imersão de eixo horizontal, balança hidrostática, polariscópio de mesa, refratômetro e Lupa binocular de 10x por 20x. Realizou-se a identificação das inclusões fluidas e sólidas, caracterização e avaliação do material, classificando as gemas segundo os fatores indicadores de qualidade gemológica para gemas coradas de acordo com padrões estabelecidos pelo Gemmological Institute of América – GIA⁷, considerando os critérios principais de cor, pureza e lapidação e os critérios preconizados pelo roteiro desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Gemologia (GREGEM), da Universidade Federal do Espírito Santo, conforme descritos:

Berilos em bruto: Material: Lupa gemológica de mesa 10 x e lupa gemológica portátil 10x técnicas: Análise mineralógica macroscópica

Berilos Lapidados: Materiais:

- 01- Lupa gemológica de mesa 10 x - observação de características e propriedades macroscópicas

- 02- Balança hidrostática – Cálculo de Densidade relativa das gemas analisadas
- 03- Polariscópio – Determinação de caráter óptico
- 04- Refratômetro analógico - Cálculo de índices de refração.
- 05- Microscópio de imersão horizontal. Observação detalhada de descontinuidades físicas e ópticas (inclusões) e coleta de fotomicrografias utilizadas no trabalho.

Apenas os dados pertinentes à proposta do trabalho foram utilizados em gráficos e tabelas (itens 02,04 e 05).

Para a obtenção das fotomicrografias, foi utilizada a microscopia de imersão e os meios de imersão utilizados foram o iodeto de metileno e bromo-naftaleno com utilização de iluminação refletida, transmitida e oblíqua, além da utilização ocasional de posições de nicóis cruzados e paralelos (conforme descrito individualmente nas micrografias).

Resultados

A análise mineralógica foi realizada em 40 amostras de berilo bruto (63 gramas), com cristais entre 0,8 e 3,5cm de comprimento. O hábito predominante dos cristais de berilo é o hexagonal, com 15 cristais euédricos e 25 subédricos. A cor varia de azul claro a médio em 35 amostras, e uma com tonalidade azul intenso. Cinco amostras pertencem à variedade heliodoro e apresentaram cor amarelo claro a amarelo intenso. O brilho é vítreo, diafanidade transparente, dureza Mohs entre 7,5 e 8,0, clivagem imperfeita em {0001}, fratura conchoidal. Os lotes analisados estão representados nas **FIGURAS 3, 4, E 5**.



FIGURA 3: Cristais de berilo euhedral.



FIGURA 4: Água marinha azul lapidada



FIGURA 5: Heliodoro lapidado.

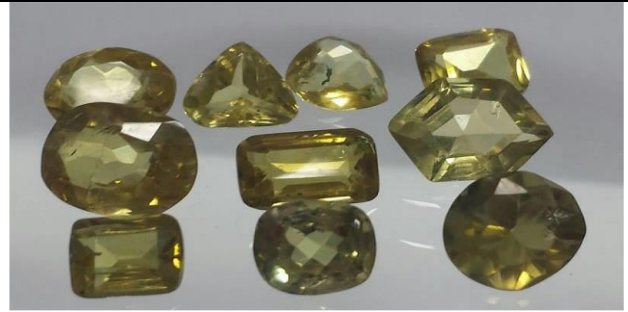


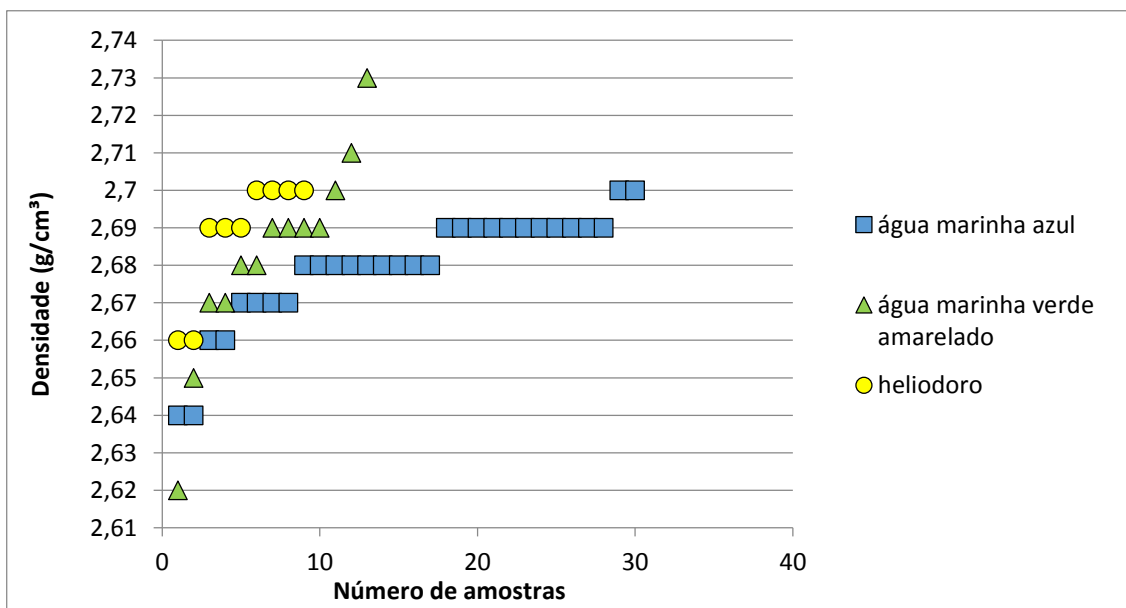
FIGURA 6: Heliodoro lapidado.

Seis amostras de água marinha e três de heliodoro apresentaram dissolução em forma de um canal perfurado ao longo do prisma. As amostras apresentam inclusões e fraturas visíveis ou em aumento de 10x ou a olho nu.

Os ensaios de densidade foram realizados com balança hidrostática e foram obtidos os valores do lote 1 (água marinha azul), com densidade entre 2.64g/cm³ e

2.70g/cm³, lote 2 (água marinha verde amarelado), com densidade entre 2.59g/cm³ e 2.73g/cm³ e lote 3 (Heliodoro), com densidade entre 2.66g/cm³ e 2.70g/cm³, conforme **GRÁFICO 1**.

GRÁFICO 1: Distribuição de frequência das amostras de acordo com a densidade.



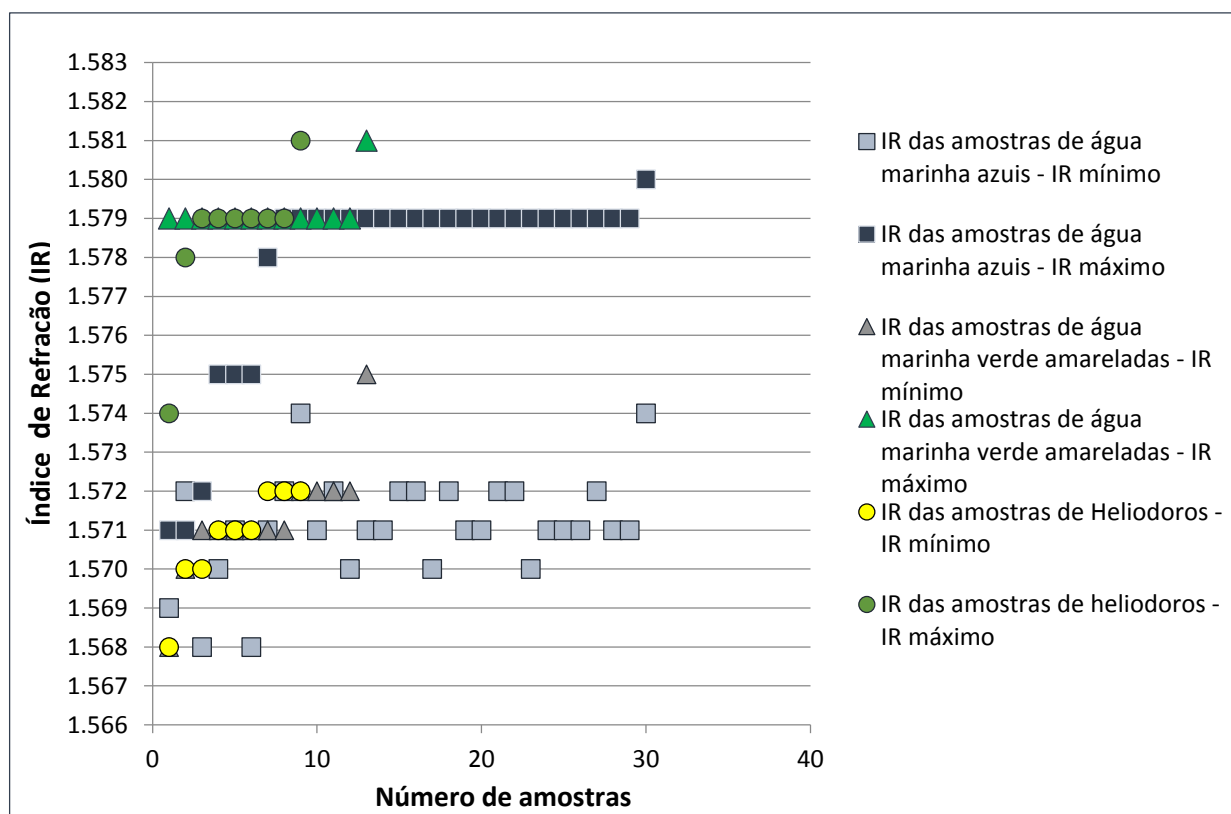
De acordo com Černý & Hawthorne⁵, as propriedades físicas do berilo variam em função de seu quimismo, havendo uma correlação positiva entre o teor de álcalis na estrutura do mineral e os valores de densidade, índice de refração (n_o e n_e) e birrefringência. O valor de n_o , ainda fornece indicação sobre a zona de proveniência da amostra no pegmatito⁶.

Refratometria

Nas análises realizadas com polariscópio de mesa, todas as amostras apresentaram caráter óptico anisotrópico uniaxial e sinal óptico negativo (-) das amostras, apresentando resultados do lote 1 com índice de refração (IR)mínimo entre 1,568 e 1,574 e IR máximo

entre 1,575 e 1,580, lote 2 com IR mínimo entre 1,568 e 1,572 IR máximo entre 1,579 e 1,581 e lote 3 com IR mínimo entre 1,570 e 1,572 e IR máximo entre 1,574 e 1,581. OIR mínimo corresponde ao índice do feixe extraordinário (NE) e o IR máximo corresponde ao feixe ordinário (NO), complementando os dados relativos ao caráter óptico uniaxial obtido na análise polariscópica. Os valores de IR obtidos sugerem que os pegmatitos estudados possuem zoneamento mineral de composição simples, são zonados, heterogêneos e pouco diferenciados, conforme indicado pelas variações (representadas em milhar) apresentadas no **GRÁFICO 2**.

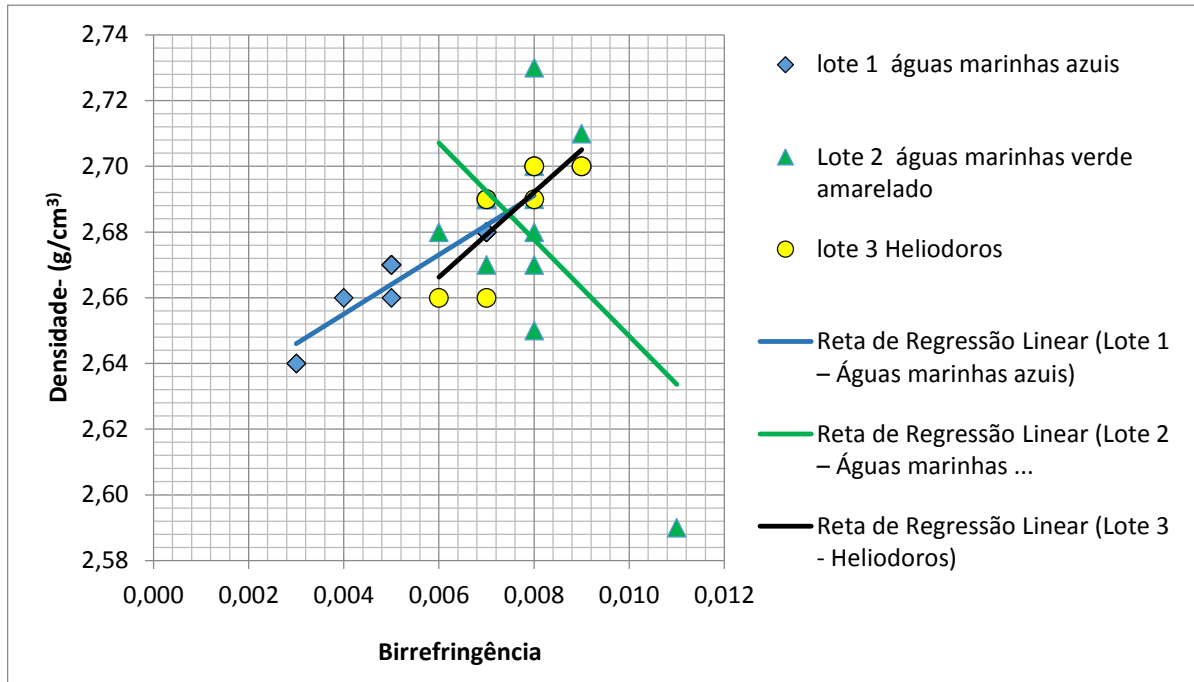
GRÁFICO 2: Distribuição de frequência dos índices de refração (IR) dos 3 lotes



A variação entre o índice mínimo e máximo dos lotes é constante, indicando não haver variações composicionais importantes entre eles. Os valores de birrefringência do lote 1 se situaram entre 0,003 e 0,007,

do lote 2 entre 0,006 e 0,011 e do lote 3 entre 0,006 e 0,009, conforme demonstrado no **GRÁFICO 3**.

GRÁFICO 3: Distribuição de frequência birrefringência x densidade - todos os lotes



Análise de inclusões

Os cristais contêm um grande número de inclusões fluidas monofásicas, bifásicas, trifásicas e polifásicas, de origem primária e secundária, compostas por soluções aquosas e carbônicas. Tubos de crescimento são frequentes, organizados paralelamente entre si, e alguns preenchidos por *melt inclusions*, (porções do fundido magmático formador da rocha aprisionados em cavidades no cristal durante a cristalização), com forte

birrefringência em polarizadores cruzados. Em algumas amostras, observou-se a organização dos tubos de crescimento em forma de efeito chuva, estruturas fluidais de escoamento, turbilhonamento e planos de crescimento^{4,5} (FIGURAS 7 e 8).



FIGURA 7: Canálculos de crescimento orientados paralelamente ao eixo c. campo claro, Luz transmitida. Aumento 200x.

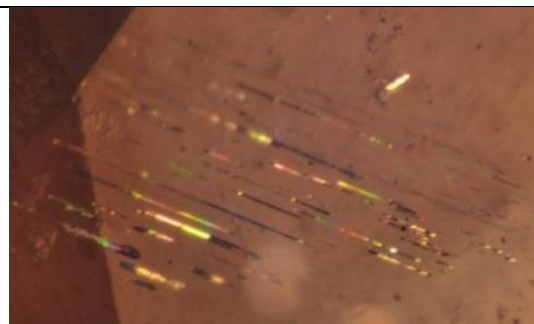


FIGURA 8: Canálculos preenchidos com inclusões bifásicas iridescentes do tipo “melt”. Campo claro, Luz transmitida. Polarizadores cruzados. Aumento 200x.

As inclusões sólidas são raras e consistem em monocristais de apatita, agregados de mica com bordas arredondadas e outros sólidos não identificados, além de fraturas parcialmente cicatrizadas preenchidas por soluções fluidas polifásicas, com eventual estrangulamento (*necking*) e fraturas secas preenchidas por óxidos ou hidróxidos. As cavidades do tipo cristal

negativo mais frequentes apresentaram hábito hexagonal, distribuídas ao longo das fraturas (**FIGURAS 9 E 10**). As **FIGURAS** seguintes (**11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18**) são fotomicrografias de fluidos, canalículos soluções, fraturas e inclusões encontrados nas amostras de berilo, a 200x.

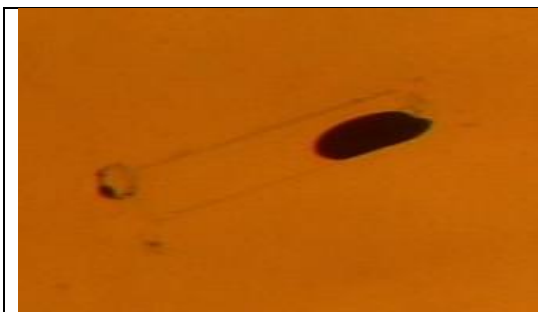


FIGURA 9: Cavidade alongada preenchida com solução aquosa-carbônica. Campo claro, luz transmitida. Aumento 200x.



FIGURA 10: Inclusão fluida apresentando fenômeno de estrangulamento e fusão de tubos de crescimento. Campo claro, luz transmitida polarizadores cruzados. Aumento 200x.



FIGURA 11: Tubo de crescimento bifásico e cristal negativo preenchido por solução bifásica em luz transmitida e refletida. Campo claro. Aumento 200x.



FIGURA 12: Cavidade alongada com inclusão alongada polifásica. Campo claro, luz transmitida. Aumento 200x.

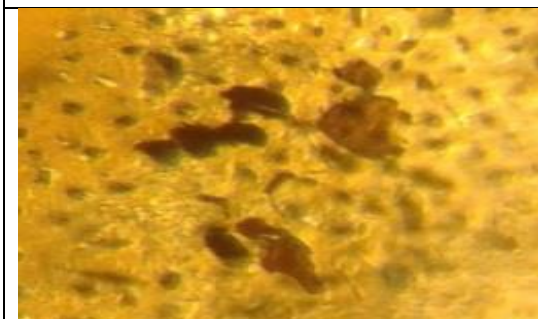


FIGURA 13: Inclusões minerais sólidas demica de origem protogenética combordas arredondadas. Aumento 200x.



FIGURA 14: monocristal de apatita protogenético alterado. Aumento 200x.

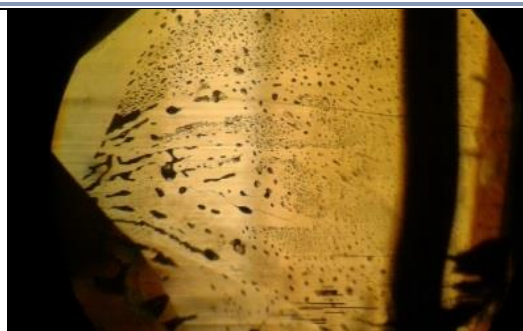


FIGURA 15: Fraturas preenchidas com inclusões fluidas primárias e pseudo secundárias. Campo claro. Luz transmitida. Aumento 200x.

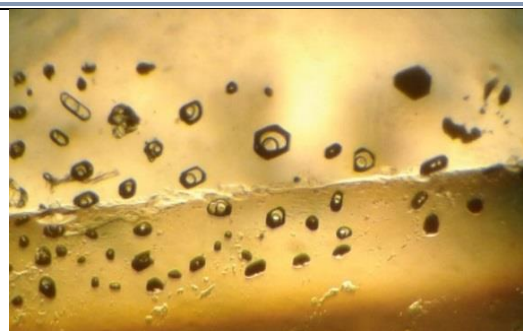


FIGURA 16: Cristais negativos com soluções bifásicas perpendiculares entre si. Campo claro. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. Aumento 200x.

O quadro típico é representado por grande quantidade de inclusões fluidas primárias e secundárias, tubos de crescimento orientados paralelos ao eixo C e cristais negativos preenchidos com soluções bifásicas, poucas inclusões sólidas. É frequente a ocorrência de fraturas parcialmente cicatrizadas preenchidas com túbulos e cristais negativos preenchidos com fluidos que formam inclusões bifásicas orientadas ao longo da fratura⁵. Os resultados de densidade e IR sugere que os berilos se formaram em áreas diferentes do pegmatito, junto ao núcleo de quartzo e em pequenos “*gem pockets*” de cerca de 20 cm na zona intermediária do pegmatito. As inclusões diagnósticas e frequente presença de “*melt inclusions*” sugerem que os cristais sofreram alterações metamórficas, coerentes com processos anatóxicos sofridos pelo pegmatito do depósito ou pela formação de corpos de substituição formando “*gem pockets*”. As inclusões fluidas secundárias também podem estar relacionadas a eventos tardios (metassomatismo) e não, apenas, ao metamorfismo, com alto influxo de álcalis.

Discussão

Avaliação gemológica

A classificação das inclusões características dos berilos foi relacionada aos eventos genéticos responsáveis por sua formação para servir como futuros indicadores de origem das gemas, uma vez que os quadros de inclusões incomuns para berilos dessas variedades, servindo, portanto, para diferenciá-las de outras gemas provenientes de depósitos originários de outras localidades no Brasil e no exterior. Foram efetuadas análises mineralógicas qualitativas e gemológicas nas amostras de berilo bruto, descrevendo suas características físicas e morfológicas. Foram utilizadas 52 (cinquenta e duas) amostras com lapidação, dimensões e quilatagem diversas, totalizando 180 ct (36 gramas). Foram realizados testes de gemologia analítica e descritiva, abrangendo caracterização e identificação das discontinuidades físicas e ópticas observáveis, mensurando características macroscópicas e estudo microscópico das estruturas internas de todas as gemas. A avaliação dos berilos foi efetuada considerando a média de cada grupo, conforme roteiro desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Gemologia (GREGEM) da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES¹⁷, conforme a **TABELA 1**.

TABELA 1: Sistema de graduação para gemas coradas: Fonte: Gregem – UFES.

Sistema de graduação para gemas coradas: The Guide, modificado de Leite 1996, Polli 1998.				
	EXCELENTE (Extra)	BOA (Primeira, Fina ou Forte)	MÉDIA (Segunda)	Fraca (Terceira ou comercial)
Cor	Matiz puro e uniforme. Brilho intenso.	Matiz puro com algum desvio de tom, variando de mais intenso para mais claro ou fraco (manchas). Brilho intenso.	Grande diferença de tom, pouca saturação. Extinção de cor. Forte zonamento de cor.	Muito clara ou muito escura. Pouquíssima saturação, ou em excesso. Quase incolor, translúcida a opaca.
Pureza	Grupo 1: Minúsculas inclusões, invisíveis a olho nu e pouco visíveis com lupa de 10x. Grupo 2: Pequenas inclusões invisíveis a olho nu levemente visíveis a 10x. Grupo 3: Pequenas inclusões, não visíveis a olho nu e levemente visíveis a 10x.	Grupo 1: Minúsculas inclusões aparentes ou visíveis a 10x e podem ser vistas a olho nu. Grupo 2: Inclusões bastante visíveis a 10x e facilmente visíveis a olho nu. Grupo 3: Inclusões bastante aparentes ou visíveis a olho nu.	Grupo 1: Inclusões pouco visíveis a olho nu, visíveis a 10x. Grupo 2: Inclusões visíveis a olho nu e muito visíveis a 10x. Grupo 3: Inclusões muito visíveis a olho nu.	Grupo 1: Inclusões pouco visíveis a olho nu, visíveis a 10x. Grupo 2: Inclusões acentuadas visíveis a olho nu. Grupo 3: Muitas inclusões visíveis a olho nu, tornando a gema translúcida ou opaca.
Lapidação ou acabamento	Boas proporções, simetria perfeita, culaça bem centrada, bom polimento, facetas bem colocadas, sem estarem remontadas.	Pequenas variações nas proporções, nas linhas de simetria (cintura ou rondiz) e pequena janela na mesa, vista pela coroa.	Variações nas proporções (muito alta ou profunda ou muito rasa). Grande janela na mesa, quando observada através da coroa.	Grandes variações na simetria, com proporções longe das ideais. Polimento fraco ou ruim.
Graduação	8 A 10	6 A 8	4 A 6	Abaixo de 4

Tendo como base a utilização da tabela 1 do sistema de graduação, o cálculo foi feito com base na média ponderada de cada um dos atributos, conforme a classificação da **TABELA 2**.

TABELA 2: Classificação gemológica dos berilos analisados.

Amostra	Peso (%) e Graduação	Classificação	Total
Água marinha azul	Cor (50%): 7 Pureza (30%): 6,0 Lapidação (20%): 6,0	3,51,81,2	6,5
Água marinha verde-amarelado	Cor (50%): 7 Pureza (30%): 6,0 Lapidação (20%): 6,0	3,51,81,2	6,5
Heliodoro	Cor (50%): 8 Pureza (30%): 7,0 Lapidação (20%): 7,0	4,02,11,4	7,5

A nota global obtida para todos os lotes é 6,5 e 7,5 que os classifica segundo o sistema de graduação para gemas coradas na categoria Boa, primeira categoria, Fina ou Forte. A classificação final ficou prejudicada

devido à baixa qualidade da lapidação. Mas cabe ressaltar que, para gemas coradas, os critérios mais importantes são cor e pureza, e nesse contexto todos os lotes obtiveram boas notas, em particular, as amostras de heliodoro, as quais apresentaram exemplares com classificação 9 no aspecto cor.

Conclusão

Os resultados obtidos na análise por refratometriado berilo bruto foram coerentes com os valores clássicos esperados para o berilo, tendo como características morfológicas a presença de dissoluções em forma de tubo central, alinhadas ao longo do prisma e inclusões fluidas monofásicas e multifásicas, características no berilo da região estudada. A avaliação gemológica dos cristais gemas lapidadas de berilo permitiu classificar o material como de excelente potencial gemológico, tendo obtido os berilos azuis e verde amarelados notas 6 e 7 para cor e 6 a 8 para pureza, com destaque para o lote de heliodoro, apresentando cor e pureza com notas entre 7 e 8 para cor e para pureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao UNIFOR-MG pelo apoio financeiro.

Referências

- BENITEZ, L; CHAVES, M.L.S.C; Vieira, V.S. & SILVA, S.M. **Depósitos de minerais gemológicos no Estado do Espírito Santo**. In: Anais do 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Santos – SP, 2012.
- CAMPOS, C.M., MENDES, J.C., LUDKA, I.P., MEDEIROS, S.R., MOURA, J.C. & WALLFASS, C. **A review of the Brasiliano magmatism in southern Espírito Santo, Brazil, with emphasis on postcollisional magmatism**. Journal of the Virtual Explorer, p. 1-35. 2004.
- CaSEDANNE & ALVES. **Classificação e prospecção das jazidas primárias de água – marinha**. Anuário do Instituto de Geociências. IGEO-UFRJ. Vol.13, p. 9 - 15, 1990.
- CASTAÑEDAS, C.; **O estudo de inclusões**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro preto, Escola de Minas, departamento de geologia -1995.
- ČERNÝ, P., HAWTHORNE, F. C. **Refractive indexes versus alkali contents in beryl: general limitations and applications to some pegmatitic types**. Canadian Mineralogist, p. 491- 497. 1976.
- ČERNÝ, P., SIMPSON FM. **The Tanco pegmatite at Bernic Lake Manitoba: the Beryl**. Can Mineral.p. 489–499. 1977.
- Gemmological Institute of América – GIA**. Disponível em: <https://www.gia.edu/>. Acesso em março de 2019.
- KAHWAGE, M.A. & Mendes, J.C. **O berilo gemológico da província pegmatítica oriental do Brasil**. Revista Geochimica Brasiliensis, Vol 17, Nº 1, 2003.
- MEDEIROS, S. WIEDEMANN-LEONARDOS, C. M. e VRIEND, S. **Evidence of mingling between contrasting magmas in a deep plutonic environment: the example of Várzea Alegre, in the Ribeira Mobile Belt, Espírito Santo, Brazil**. Manuscript received on September 3, 1999; accepted for publication on July 14, 2000.
- MEDEIROS, S.R., MENDES, J.C. & WIEDEMANN, C.M. **Feições diagnosticas do complexo intrusivo de Várzea Alegre, ES**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Balneário Camboriu, SBG. v. 1, p. 140-141.1994.
- MENDES, J. C., McREATH, I., WIEDEMANN, C. M. & FIGUEIREDO, M. C. H. **Charnockitíodes do maciço de Várzea Alegre: um novo exemplo do magmatismo cálcio- alcalino de alto- K no arco magmático do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Geociências. p. 13-24.1997.
- MENDES, J. C.; WIEDEMANN, C. M. & McREATH, I. **Conditions of formation of charnockitic rocks from the Várzea Alegre massif, Espírito Santo, southeastern Brazil**. Revista Brasileira de Geociências. 29(1):47-54, março de 1999. Disponível em:<http://www.rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/artic/e/download/A-1050/358> (acesso em 22/04/2018)
- MENDES, J.C., MEDEIROS, S.R. & McREATH, I. **Cambro-Ordovician Magmatism in SE Brazil: U-Pb and Rb-Sr Ages, Combined with Sr and Nd isotopic data of charnockitic rocks from Várzea Alegre Complex**. Gondwana Research, p. 337-349. 2005.
- MENDES, J.C. **Caracterização petrogenética das bordas noríticas e charnoquitíodes dos maciços de Venda Nova e Várzea Alegre, ES**. São Paulo, 238p. 1996.
- PEDROSA-SOARES, A.C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C.M. **Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil**. In: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (eds), Tectonic Evolution of South America. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 265-285. 2000.
- Prefeitura municipal de Santa Teresa**: Disponível em <http://santateresa.es.gov.br/pagina/6/Localizacao.html>. Acesso em 07/03/2019

17. NEWMAN, D.T.C., FERNANDEZ, J.A.N. **Roteiro para Avaliação de gemas, Grupo de Estudos em Gemologia (GREGEM)**. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). 2016.
18. TAUFNER, I. **A Pedra da Onça: jazidas, lavras e garimpos no ES**. Vitória, ES: Logos, 2013.
19. VIEIRA, V. S. & MENEZES, G. R. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em: www.cprm.gov.br (acesso em 22/04/2018)
20. WIEDEMANN, C. **The evolution of the early paleozoic, late- to post-collisional magmatic arc of the coastal mobile belt in the state of Espírito Santo, Bastem Brazil**. Anais Acad. bras. Ciências, p. 163-181. 1993.
21. CORREIA NEVES, J.M. SOARES, A.C. MARCIANO, V. R.P.R.O. **Província pegmatítica oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais**. Revista Brasileira de Geociências, p. 106-118. 1986.