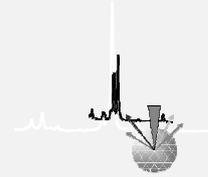


Microanálise por raios X característicos e imagens por microscopia eletrônica de varredura de inclusões em opala

Daniel da Rosa Madruga^{1,2}, Ruth Hinrichs^{1,2*}

¹ Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil
² Laboratório de Microanálise, Instituto de Física, UFRGS, P. Alegre, RS, Brasil
*corresponding author: ruth.hinrichs@ufrgs.br



Laboratório de Microanálise
Instituto de Física UFRGS
+55 51 3308 7259
laboratoriodemicroanalise@ufrgs.br

Introdução

No Estado do Rio Grande do Sul a opala é encontrada nos municípios de Soledade, Salto do Jacuí, Tunas, Campos Borges, Barros Cassal, Espumoso e Fortaleza dos Valos. Essa região do Estado apresenta-se recoberto por rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral (Bacia do Paraná), com lavas vulcânicas básicas (na base) e ácidas (no topo), como basaltos toleíticos, dacitos, riolitos e andesitos. A opala está associada a depósitos de ágata e sua origem é hidrotermal de baixa temperatura, ocorrendo nos geodos (total ou parcialmente preenchidos), nas fraturas, estruturas de fluxo de lava, ou cimentando brechas. Suas rochas hospedeiras são dacitos e riolitos (rochas ricas em sílica), que se apresentam alteradas e fraturadas.

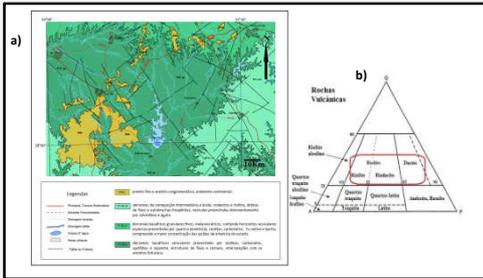


Figura 1: Ocorrência de opala: (a) Mapa geológico da região de proveniência das amostras de opala; (b) Rochas portadoras de opala (dacitos e riolitos) no diagrama QAP, adaptado de [4]



Figura 2: horizonte A de dacito semi-vitreoso produtor de ágata e opala branco-leitosa; horizonte B, produtor de opala azul.

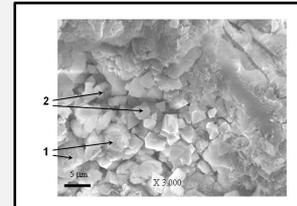


Figura 3: imagem obtida ao MEV de opala RS, mostrando 1 – lamelas constituídas de lamelas com empilhamento de α -cristobalita e de α -tridimita, e 2 – cristais de α -cristobalita [1].

Metodologia

Fragmentos de opala amarela, opala de fogo e branco leitosa foram embutidos em resina, planificados e polidos com lixas sucessivamente mais finas e com pasta de diamante. Antes das análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), as amostras foram analisadas por difração de raios X em ângulo de incidência rasante, determinando-se que são do tipo opala C (cristobalita: opala azul) e C-T (cristobalita-tridimita, opala branca).



Figura 4: Amostras de opala embutidas em resina e fragmento da rocha encaixante

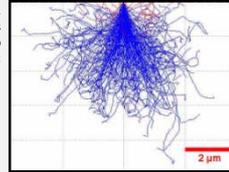


Figura 5: Trajetória dos elétrons de 20 keV no interior da opala, gerando um volume de análise maior que o diâmetro de muitas inclusões. Simulação com o software CASINO. [6]

As imagens de amostras submicrométricas foram geradas com elétrons secundários, que permitem maiores ampliações. Inclusões maiores e a textura da rocha foram imageadas com elétrons retroespalhados, em que o sinal vem da pera de ionização.

Os raios X característicos utilizados para a análise também são provenientes desta pera. É preciso manter em mente que ao observar as inclusões submicrométricas, a matriz encaixante também é ionizada. Desta forma o espectro contém o sinal dos elementos da matriz de opala, além daqueles da própria inclusão. A expansão do feixe de elétrons de 20 keV, simulado em uma matriz de opala, está mostrado na Figura 5.

Resultados de MEV e discussão

Foram observadas inclusões monominerálicas de várias categorias de tamanho, desde 1 μ m a ~30 μ m. Na opala azul foi observado a presença de ilmenita, de aproximadamente 30 μ m (Figura 6a) e uma de ~5 μ m (Figura 7a), identificadas pela presença de linhas características de titânio e ferro, além de níquel e cromo (Figura 6b). Zinco foi observado em inclusões maiores que 1 μ m, e a homogeneidade dos tons de cinza na imagem (Figura 8a) foi tomada como evidência que se trata de material monominerálico. No caso da inclusão que contém zinco (Figura 8b) encontrada na opala branca, se observa um teor baixo de enxofre, de modo que pode se tratar de sulfeto de Zn.

A rocha encaixante da opala mostra a presença de diversos minerais (figura 9a). Os elementos nos mapas composicionais estão mostrados: Al em amarelo, Fe em ciano, Mg e Si em vermelho. Foi construído uma sobreposição dos mapas (b). Nele nota-se minerais ferro-magnesianos, no canto inferior direito e uma inclusão maior de ilmenita no canto superior direito e grãos menores em toda extensão da imagem.

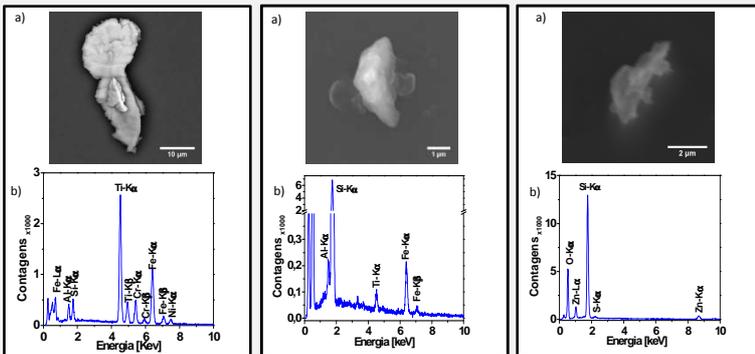


Figura 6: Micrografia de elétrons retro-espalhados de grão contendo Ti, Fe (C,N) em (a) e suas linhas características em (b). Si e Al podem ser da opala encaixante, apesar da ausência de O-Ka

Figura 7: inclusão de ilmenita (Ti, Fe e O) em uma micrografia em (a) e as linhas características de Ti e Fe em (b).

Figura 8: imagem de microscopia eletrônica (a) de uma inclusão de Zn e seu espectro EDS (b), mostrando também traços de S

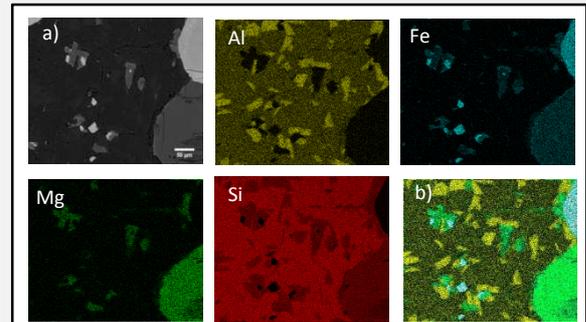


Figura 9: Micrografia em elétrons retro-espalhados em (a), mapas composicionais de Al, Fe, Mg e Si e a sobreposição dos mapas de Al, Fe, Mg e Ti em (b)

Conclusões

Foram encontradas inclusões micrométricas e submicrométricas em opala, com presença de inúmeros tipos de inclusões poliminerálicas. A ilmenita, presente na rocha encaixante, pode ser encontrada como inclusão na opala. Precipitados metálicos não são autigênicos, mas devem ter sido inseridas no geodo através de arraste dos fluidos formadores da mineralização, tendo em vista que as temperaturas de mobilização de metais são maiores que as temperaturas verificadas na formação da opala [7].

Referências bibliográficas

- [1] TAM M. BRUNA, F.L. LUCENA, Opala no Rio Grande do Sul; In: HINRICHS, R., org.; Técnicas instrumentais não destrutivas aplicadas a gemas do Rio Grande do Sul; Porto Alegre: IGED/UFRGS, 2013. 120p. ISBN 978-85-61424-40-4
- [2] L.A. HARTMANN, W. WILDER, L.C. DUARTE, S.K. DUARTE, J. PERTILLE, K.R. ARENA, L.C. MARTINS, N.L. DIAS, Geochemical and sclerochemical characterization and correlation of amethyst geode-bearing Paraná lavas from the Quarai and Los Catalanes districts, Brazil and Uruguay, Geological Magazine 147 (2010) 954-970.
- [3] http://www.cprm.gov.br/publique/mega/rio_grande_sul.pdf consultado em 19/03/2015
- [4] K.G. COX, Interpretation of Igneous Rocks, Allen & Unwin, 1979. 664 páginas. ISBN 978-0055331212
- [5] D.R. LEE, Characterisation and the diagenetic transformation of non-and micro-crystalline silica minerals 2007 <http://www.epsc.ac.uk/themes/07799546/microcrystalline.pdf>
- [6] D. DRONOV, A.R. COUTURE, D. JOLY, X. TASTET, V. AMEZ, R. GAUVIN, CASINO V2.42 – a fast and easy-to-use modeling tool for scanning electron microscopy and microanalysis users, Scanning 28(2007) 93-101
- [7] E. GALLOU, A. DELAUNAY, B. RONDEAU, M. BOUWHINE-LECOZ, E. FRITSCH, G. CORNEN, C. MOINIER, The geochemistry of gem opals as evidence of their origin, Ore Geology Reviews 34 (2008) 113-126.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPERGS (projeto 2081-2551/13-8) e do CNPq (projeto 459564/2014-5). DRM agradece bolsa PROBIC-FAPERGS e WSG bolsa PIBIC-CNPq.

