

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E TEXTURAIS DOS GRÃOS DE ZIRCÃO DE CORPOS PEGMATÍTICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DE SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS.

CHEMICAL AND TEXTURAL FEATURES OF ZIRCON GRAINS FROM SÃOJOÃO DEL REI PEGMATITIC PROVINCE, MINAS GERAIS.

Vivian Fernandes Moutinho

Aluna de Graduação de Geologia, 7º período, UFRJ
Período CNPq: agosto de 2015 a julho de 2017
vivianfmoutinho@gmail.com

Reiner Neumann

Orientador, geólogo, D.Sc.
rneumann@cetem.gov.br

Ciro Alexandre Ávila

Orientador, geólogo, D.Sc.
avila@mn.ufrj.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a caracterização química e textural de grãos de zircão dos pegmatitos da Província Pegmatítica de São João del Rei, Minas Gerais, visando a identificação de elementos terras raras (ETR) em sua estrutura e a identificação das principais diferenças entre os grãos. Foram coletados aproximadamente 20 kg de material saprolítico de 16 corpos pegmatíticos, sendo que as amostras foram deslamadas e seus minerais pesados concentrados em bateia. No laboratório, o concentrado da bateia foi separado no iodo de metileno (com densidade 3,32 kg/L). O produto afundado foi separado por susceptibilidade magnética, utilizando-se ímã de ferrite e separador magnético isodinâmico Frantz em diferentes intensidades de campo magnético. Os diferentes produtos foram caracterizados em estereomicroscópio binocular. Grãos de zircão foram separados, embutidos em resina e polidos para serem analisados por MEV/EDS. No estereomicroscópio foram reconhecidos dois grupos de grãos de zircão. O primeiro grupo apresenta grãos euédricos com aproximadamente 0,2 mm, que ocorrem em todos os produtos da separação magnética e apresentam faces lisas com inclusões de minerais opacos. No MEV, esses grãos possuem composição homogênea, apresentando teores de Hf de 2,5%, Al de 0,1 e 2,0% e Fe em torno de 0,7%. A presença de ETR nestes grãos é incomum. No entanto, foi identificada a presença de Nd (até 0,7%) e Ce (até 0,6%). O segundo grupo é composto por grãos euédricos e subédricos, de dimensões entre 0,2 e 1 mm, que ocorrem principalmente nas frações de menor susceptibilidade magnética. Sua cor varia entre bege, cinza, vermelho e laranja, e suas faces são irregulares. Apresentam altos teores de Hf, variando entre 4 e 14,6%, e as porções mais alteradas dos grãos são caracterizadas pela presença de Ca, Fe, Al, Nb, Th e U, assim como Y (até 9,5%) e ETR pesados, onde se destaca o Gd (até 2,0%).

Palavras chave: zircão, pegmatito, elementos terras raras.

ABSTRACT

This work aims at the chemical and textural characterization of zircon grains from pegmatites from the São João del Rei Pegmatitic Province, Minas Gerais State, focusing on the presence of rare earth elements in zircon crystalline structure and on the main differences between grains. Nearly 20 kg of saprolitic samples from 16 pegmatitic bodies were sampled and concentrated during field work. The concentrate of heavy minerals was processed in the laboratory by methylene iodide (S.G. = 3.32 kg/L). The products were subjected to a hand magnet, to remove ferromagnetic minerals, and to a Frantz electromagnetic separator, in order to facilitate the distinction of mineral species under the stereomicroscope. Each product was characterized in the stereomicroscope according to its mineralogy and zircon grains were separated to be analyzed by SEM/EDS. Two distinct groups of zircon grains were recognized under the stereomicroscope. The first one is represented by euhedral grains, measuring approximately 0.2 mm, occurs in all products, show smooth faces and several inclusions. Under SEM/EDS, the grains showed relatively homogeneous composition, with Hf levels of 2.5%, Al between 0.1 and 2.0% and Fe around 0.7%. The REE content is low, with maximum levels of 0.7% of Nd and 0.6% of Ce. The second group is euhedral to subhedral, with dimensions varying from 0.2 to 1 mm, occur mostly in less susceptible magnetic products and show rough faces. These grains display relatively high levels of Hf (up to 14.6%) and the most altered regions are characterized by the occurrence of Ca, Fe, Al, Nb, Th and U, as well as relatively high grades of Y, reaching up to 9.5%, and of heavy REE, with Gd levels achieving 2.0%.

Keywords: zircon, pegmatite, REE.

1. INTRODUÇÃO

A Província Pegmatítica de São João del Rei está localizada na porção sul do estado de Minas Gerais, mais precisamente entre as cidades de Ibituruna e Resende Costa, e compreende diversos corpos pegmatíticos mineralizados em Sn-Nb-Ta.

Os ETR englobam os elementos pertencentes ao grupo dos lantanídeos, juntamente ao Sc e Y. Sua demanda aumentou consideravelmente nos últimos anos, devido ao uso desses elementos como componentes essenciais em novas tecnologias (Hatch, 2012). São comumente encontrados em carbonatitos e pegmatitos, principalmente em minerais como a monazita e o xenotímio.

Zircão ($ZrSiO_4$) é um mineral comum em pegmatitos e é um importante carreador de elementos terras raras pesados (ETRP) e de Hf, que se acomodam principalmente no sítio originalmente ocupado pelo Zr (Hoskin, 2003). O zircão é um mineral comum nos pegmatitos da Província Pegmatítica de São João del Rei, sendo identificada até mesmo a presença de zircão hafnífero (Pereira *et al.*, 2004). Por acomodar ETRP em sua estrutura, o zircão pode apresentar importância econômica, correspondendo, portanto, ao objeto de estudo do presente trabalho.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem por objetivo a caracterização de grãos de zircão de diversos corpos pegmatíticos localizados na Província Pegmatítica de São João del Rei, visando identificar a presença de ETRP neste mineral e definir as principais características morfológicas e químicas dos principais grupos de grãos de zircão.

Este trabalho integra o projeto “Caracterização tecnológica dos minérios e rejeitos dos pegmatitos da Mina do Volta Grande em São João del Rei, Minas Gerais, visando recuperação de minerais de terras raras como subprodutos” (edital MCTI/CNPq/CT-Mineral 76/2013).

3. METODOLOGIA

Foram coletados aproximadamente 20 kg de material saprolítico de cada um dos 16 corpos pegmatíticos amostrados. Cada amostra foi deslamada, peneirada e concentrada em bateia. No laboratório, os concentrados de bateia foram processados em ultrassom, visando a eliminação de partículas finas e impurezas. Posteriormente, foram separados em meio denso, sendo utilizado o líquido iodeto de metileno (com densidade 3,32 kg/L). O material afundado passou por separação por susceptibilidade magnética utilizando-se ímã de ferrite e separador magnético isodinâmico Frantz, regulado com as seguintes correntes: 0,3, 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 e 2,0 A. Cada produto foi analisado individualmente em estereomicroscópio Zeiss, sendo que grãos de zircão foram separados e embutidos em resina epóxi para confecção de seções polidas que foram recobertas com carbono e analisadas num microscópio eletrônico de varredura (MEV – FEI Quanta 400) acoplado a um espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDS – Bruker Nano Esprit 800), operado a 20 kV e spot size 5. Nesta etapa, foram feitas análises químicas pontuais nos grãos de zircão e em suas inclusões sólidas, além da captura de imagens de elétrons retro-espalhados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estereomicroscópio, foi observado que o zircão ocorre em maior abundância nos produtos magnéticos a 2,0 A e não-atraíveis ao Frantz. Em alguns corpos, grãos de zircão de pequenas dimensões e com inclusões de minerais opacos também ocorrem nos produtos de menor susceptibilidade ao Frantz (Tabela 1). Porém, neste caso, usualmente representam menos de 1% do produto, sendo classificados como mineral traço (Tr).

Tabela 1: Concentração do zircão nos diversos produtos do Frantz. Valores expressos em porcentagem de estimativa visual de área.

Amostra	0,3 A	0,5 A	0,6 A	0,8 A	1,0 A	1,5 A	2,0 A	N.A.
VG-01	-	-	-	-	10%	40%	24%	Tr
VG-02	-	-	-	-	25%	94%	25%	2%
VG-03	-	2%	Tr	Tr	5%	83%	96%	55%
VG-04	Tr	-	-	-	35%	5%	70%	95%
VG-05	-	Tr	Tr	Tr	Tr	5%	73%	15%
VG-06	-	-	-	-	-	-	1%	7%
VG-07	Tr	Tr	-	Tr	Tr	88%	99%	76%
VG-08	Tr	-	-	Tr	-	-	50%	50%
VG-09	-	-	2%	-	1%	70%	100%	100%
VG-10	-	-	-	30%	-	35%	100%	90%
VG-11	-	-	-	-	-	-	-	40%
VG-12	8%	15%	20%	7%	8%	10%	25%	50%
VG-13	-	-	-	-	-	35%	Tr	15%
VG-14	-	1%	-	-	-	-	20%	70%
VG-15	-	-	-	-	-	55%	100%	60%
VG-16	-	-	-	-	Tr	65%	99%	94%

Foram reconhecidos dois principais grupos de grãos de zircão em estereomicroscópio, classificados como Grupo I e Grupo II. O Grupo I (Figura 1A) é composto por grãos euédricos que ocorrem em todos os produtos, com aproximadamente 0,2 mm. Possuem faces lisas, inclusões de minerais opacos e variam de incolor a laranja e marrom. O Grupo II (Figura 1B) compreende grãos euédricos a subédricos presentes nos produtos atraídos a 2,0 A e não-atraível, com faces irregulares, dimensões entre 0,2 e 1 mm e coloração bege, cinza, vermelha e laranja.

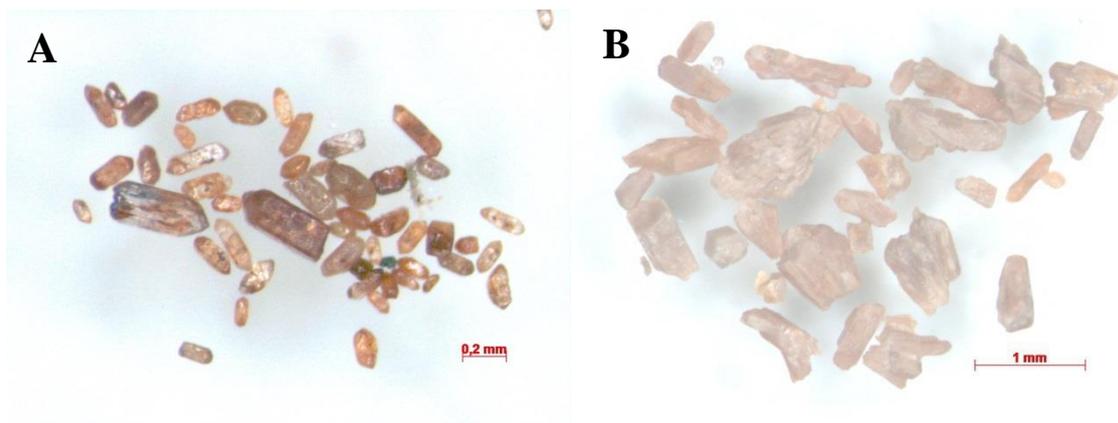


Figura 1: **A)** Grãos de zircão do Grupo I em estereomicroscópio. **B)** Grãos de zircão do Grupo II, apresentando geminação em forma de leque.

Em MEV/EDS foram reconhecidas características marcantes de cada grupo separado em estereomicroscópio. O Grupo I possui aspecto homogêneo na imagem de elétrons retroespalhados (Figura 2A), representando homogeneidade na composição química dos grãos, o que foi confirmado pela obtenção de análises químicas pontuais em diversas regiões do mesmo grão. Os teores de Hf não ultrapassaram 2,5% e regiões levemente alteradas nas bordas dos grãos e em fraturas apresentaram teores de Al entre 0,1 e 2,0% e de Fe de aproximadamente 0,7%. Já o Grupo II apresenta aspecto heterogêneo e irregular (Figura 2B), provocado por zoneamento oscilatório, inclusões, porosidade e metamictização. O zoneamento oscilatório é marcado pela variação entre os teores de Hf, Ca, Fe e Al.

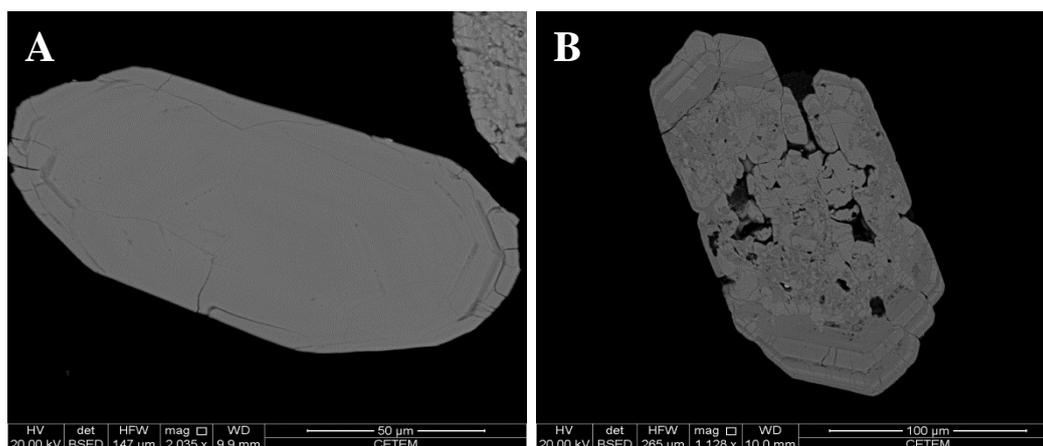


Figura 2: Imagens de elétrons retroespalhados em seções polidas de grãos de zircão obtidas em MEV. **A)** Grão de zircão homogêneo, com bordas levemente enriquecidas em Fe. **B)** Grão de zircão com zoneamento oscilatório nas bordas e centro alterado por processos metamíticos.

As regiões com tons de cinzas mais claros são enriquecidas em Hf, alcançando até 14,6% em massa deste elemento. Já as regiões mais escuras, aparentemente alteradas, são enriquecidas em Ca, Fe, Al, Nb, Th, U e ETR. Os ETR encontrados nos grãos de zircão foram Ce, Dy, Er, Gd, La, Nd, Sc, Sm, Y e Yb (Tabela 2). Entre estes, o Y foi o que apresentou os maiores teores, alcançando até 10,0%, e uma média de 1,1% em massa em mais de 900 análises pontuais. No entanto, a presença de Y foi observada principalmente nas porções mais alteradas dos grãos. O Ce é o segundo ETR mais abundante, alcançando até 3,1% e ocorrendo preferencialmente nas amostras VG-02, VG-05 e VG-15. Os teores de Dy chegaram a 2,1%, sendo que este elemento se apresentou mais uniformemente nas diversas amostras. O La é o ETR presente menos abundante, com teores máximos de 0,4% enquanto o Er, Gd, Nd, Sm e Yb apresentaram máximos entre 0,7 e 1,7%. O conteúdo de Sc alcança até 1,2% e este elemento ocorre principalmente nas amostras VG-05 e VG-10.

Tabela 2: Mínimos, máximos e médias dos teores de cada ETR nos grãos de zircão. Valores expressos em porcentagem de massa normalizada a 100%, obtidos em MEV/EDS.

(n = 920)		La	Ce	Nd	Sm	Gd	Dy	Er	Yb	Sc	Y
Grupo I (77)	Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx	0.0	3.1	0.9	0.0	0.6	1.4	0.0	0.7	1.0	6.5
	Média	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Grupo II Partes claras (476)	Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx	0.0	1.4	0.0	0.0	1.1	1.5	0.0	0.2	0.3	6.8
	Média	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Grupo II Partes escuras (367)	Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máx	0.4	2.3	1.7	0.9	1.4	2.1	0.7	1.3	1.2	10.0
	Média	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	2.8

5. CONCLUSÕES

Os teores de Hf encontrados não são suficientes para enquadrar este mineral no campo do zircão hafnífero, mas podem atingir altos valores, alcançando até 14,6% em massa. Os conteúdos consideráveis de ETR estão restritos às regiões alteradas dos grãos do Grupo II, com teores de Ce de 2,3% e Y chegando a 10%.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e aos meus orientadores, Reiner Neumann e Ciro Alexandre Ávila, pela paciência, conhecimentos compartilhados e incentivos ao longo do trabalho. Aos outros bolsistas do projeto e aos técnicos do CETEM gostaria de agradecer pela convivência e pela disposição em ajudar nas mais diversas etapas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HATCH, G. P. Dynamics in the global market for rare earths. **Elements**, v. 8, n. 5, p.341-346 (2012).
- HOSKIN, Paul WO; SCHALTEGGER, Urs. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. **Reviews in mineralogy and geochemistry**, v. 53, n. 1, p. 27-62, (2003).
- NEUMANN, R.; SCHNEIDER, C.L.; ALCOVER-NETO, A. **Caracterização Tecnológica de Minérios**. In: LUZ, A. B. et al. (Eds). Tratamento de Minérios. 4 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2004, p.55-106.
- PEREIRA, R. M., NETTO, A. M., ÁVILA, C. A., BARRUETO, H. R., NEUMANN, R., & ATENCIO, D. Zirconiferous hafnon and hafniferous zircon from São João del Rei, Minas Gerais, Brazil. **International Congress on Applied Mineralogy**, 8, Extended Abstract, p. 919-921, (2004).