

GEOTERMOMETRIA E ESTIMATIVA DE FUGACIDADE DE OXIGÊNIO DO VULCANISMO ÁCIDO DA REGIÃO DO CERRO CHATO, HERVAL, RS.

MARIA LUIZA L. BARBOSA¹; MARLOS P. JAQUES²; GEOVANA R. ZOUNAR³;
FELIPE P. LEITZKE⁴;

¹Universidade Federal de Pelotas – marialuizaleal97@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marlosjaques99@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – geozounar@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - felipe.leitzke@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A região do Cerro Chato, situada no Escudo Sul-Rio-Grandense fica localizada a cerca de 15 km ao norte de Herval/RS, região que se destaca por suas formações geológicas ricas em rochas vulcânicas e subvulcânicas de composição ácida e depósitos efusivos e piroclásticas, possuindo idade que varia entre 560 e 630 Ma, com composição riolítica e tendo sido relacionada ao magmatismo pós-colisional do ciclo orogênico Brasileiro (NOLL FILHO et al., 2016; SOMMER et al., 2021).

Estudos anteriores já abordaram aspectos que revelaram diversidades minerais e suas formações. No entanto, quando se trata dos óxidos de Fe – Ti presentes na região, o que se tem é bastante limitado. A investigação sobre esses óxidos tem grande importância por vários fatores, como a compreensão dos processos de cristalização magmática e condições físico-químicas, elucidando a evolução tectônica e magmática da região e o fornecimento de informações precisas sobre as condições de pressão e temperatura ao qual as rochas da região se formaram. Neste contexto, o presente trabalho apresenta os resultados de análises de geotermobarometria de óxidos de Fe-Ti obtidos em amostras de rochas vulcânicas ácidas da região de Cerro Chato, Herval, RS.

A pesquisa utiliza métodos de geotermobarometria, sendo a combinação de duas técnicas, geotermometria e geobarometria que são cruciais para entender a evolução termobarométrica das rochas ígneas e metamórficas (Spear, 1993; Frost & Frost, 2014). No entanto, estes métodos apresentam limitações, pois assumem um equilíbrio químico que nem sempre existe, aliado a incertezas analíticas na composição química que se não forem tratadas adequadamente, poderão impactar nos resultados da calibração entre diferentes estudos.(Anderson et al., 2008; Putirka, 2008).

A geotermometria determina a temperatura de formação de um mineral ou rocha, sendo importante para entender os processos de cristalização a partir do magma, reações metamórficas e deposição de minerais em veios hidrotermais (Spear, 1993). Diferentemente, a geobarometria determina a pressão à qual uma rocha ou mineral se formaram, podendo se estimar a profundidade de formação das rochas. A fugacidade de oxigênio (fO_2) é uma variável essencial nas análises de geotermobarometria, pois define o estado redox do sistema durante a cristalização dos minerais influenciando a estabilidade de fases, a valência de elementos e a partição de cátions entre minerais (Frost, 1991; Kress & Carmichael, 1991).

Assim, o objetivo deste estudo não é apenas melhorar a compreensão geológica da região, mas também fornecer um conhecimento mais amplo que

possa servir como base para pesquisas futuras sobre as interações entre a composição mineral e as condições geológicas locais. A utilização de ferramentas de geotermobarometria, assim como análises minuciosas dos óxidos de Fe-Ti, permitirá uma explicação mais precisa da evolução magmática desta área.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa utilizou dados de amostras identificadas como titanomagnetita e titanoilmenita, minerais comuns em sistemas ígneos, tendo como principais óxidos presentes, TiO_2 , Al_2O_3 e FeO . Para isso, foram adotados os seguintes métodos: 1) Coleta de riolitos porfíricos com matriz afanítica desvitrificada indicativa de resfriamento rápido e fenocristais de feldspato alcalino e quartzo representativos do magmatismo ácido; 2) Caracterização de minerais opacos (óxidos Fe-Ti) via microsonda eletrônica de dispersão em comprimento de onda (com ênfase em pares de titanomagnetita-titanoilmenita em equilíbrio aparente e aqueles com feições de reação subsolidus); 3) Aplicação de modelos termométricos para estimar temperaturas de cristalização magmática; 4) Cálculo baseado nas composições dos óxidos e no buffer FMQ (faialita-magnetita-quartzo) utilizando parâmetros termodinâmicos para correlacionar $f\text{O}_2$ com condições redox do magma.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que a temperatura magmática variou de 650 a 700°C, valores que foram determinados a partir de pares da composição química de óxidos de Fe-Ti em equilíbrio químico. A fugacidade de oxigênio ($f\text{O}_2$) apresentou valores médios de $\Delta\text{FMQ} +3,1 \pm 0,5$ ($\log f\text{O}_2 \approx -15,33$), sugerindo um ambiente oxidante, consistente com o contexto tectônico pós-colisional da região. As análises das titanomagnetitas e titanoilmenitas revelaram zonamento e texturas de reação subsolidus, indicando um resfriamento gradual após a cristalização. Esses dados correlacionam-se com assinaturas geoquímicas de rocha total previamente reportadas para litologias similares (e.g., Kelley & Cottrell, 2009; Lee et al., 2005) e reforçam a relação causal entre elevada fugacidade de oxigênio ($f\text{O}_2$) e os processos de fusão parcial em uma cunha mantélica metassomatizada por fluidos/margens de subducção (Parkinson & Arculus, 1999; Evans, 2012).

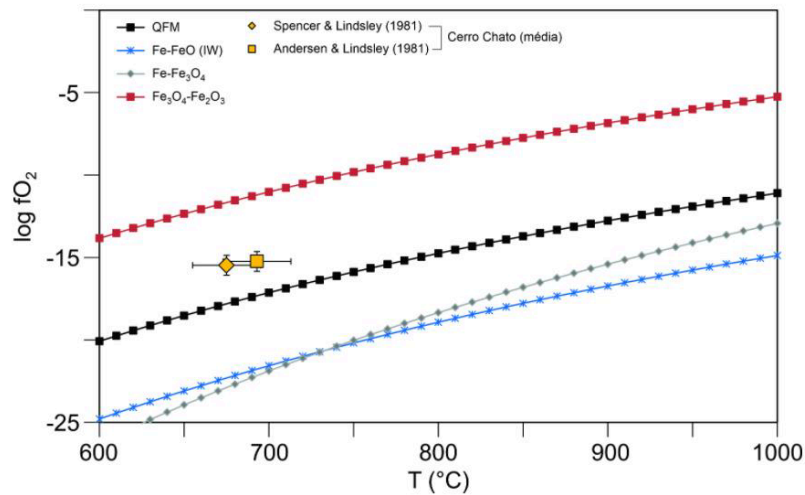


Figura 1: Relação entre fugacidade de oxigênio ($\log fO_2$) e temperatura (T , em $^{\circ}C$) em rochas vulcânicas ácidas da região do Cerro Chato, RS (valores médios). As barras de erros representam os valores mínimos e máximos obtidos tanto na estimativa da fugacidade de oxigênio como na temperatura.

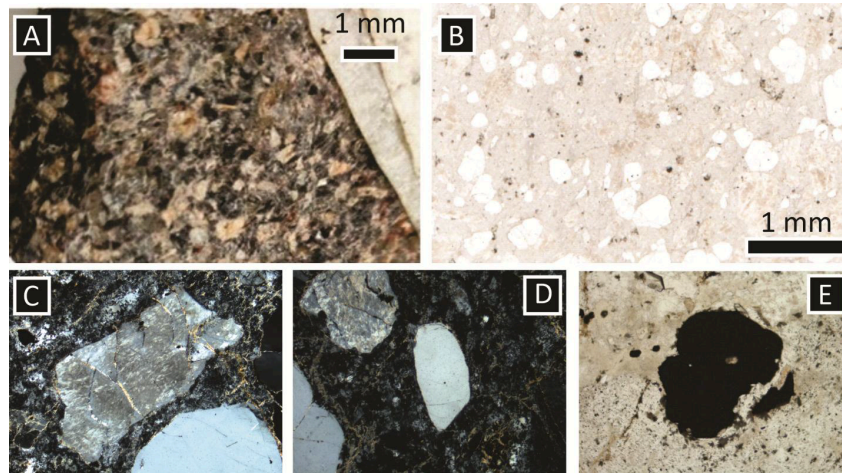


Figura 2: Aspectos macro e microscópicos dos riolitos hipoabissais amostrados na região do Cerro Chato, Herval/RS: A) amostra de mão; B) lâmina delgada; C) fenocristal de sanidina em matriz microcristalina quartzo-feldspática; D) fenocristais de quartzo; E) óxido de Fe-Ti.

4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos em pares de óxidos de Fe-Ti evidenciam que o vulcanismo ácido do Cerro Chato ocorreu sob condições oxidantes ($\Delta FMQ +3,1$), com cristalização magmática dessas fases entre 650 e 700 $^{\circ}C$. A análise dos óxidos Fe-Ti não apenas permite inferir parâmetros físico-químicos do magma, mas também esclarece a influência de processos subsolidus na modificação textural desses minerais. Os resultados corroboram modelos tectônicos regionais que associam o magmatismo a ambientes pós-colisionais, onde a interação entre fusão crustal e fluidos oxidantes é predominante. Esses dados fornecem uma base robusta para estudos comparativos em regiões similares e ampliam o conhecimento sobre a evolução geológica do Escudo Sul-Rio-Grandense.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. L. et al. Thermometers and thermobarometers in granitic systems. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 69, n. 1, p. 121–142, 2008.

EVANS, K. A. The redox budget of subduction zones. **Earth-Science Reviews**, v. 113, n. 1/2, p. 11–32, 2012.

FROST, B. R. Introduction to oxygen fugacity and its petrologic importance. **Reviews in Mineralogy**, v. 25, p. 1–9, 1991.

FROST, B. R.; FROST, C. D. **Essentials of igneous and metamorphic petrology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

KELLEY, K. A.; COTTRELL, E. Water and the oxidation state of subduction zone magmas. **Science**, v. 325, n. 5940, p. 605–607, 2009.

KRESS, V. C.; CARMICHAEL, I. S. E. The compressibility of silicate liquids containing Fe_2O_3 and the effect of composition, temperature, oxygen fugacity and pressure on their redox states. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 108, n. 1/2, p. 82–92, 1991.

LEE, C. T. A. et al. The redox state of arc mantle using Zn/Fe systematics. **Nature**, v. 468, n. 7324, p. 681–685, 2005.

NOLL FILHO, E. et al. Geologia e geocronologia do Complexo Granítico Cerro Chato, Sul do Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 43, n. 3, p. 331–346, 2016.

PARKINSON, I. J.; ARCULUS, R. J. The redox state of subduction zones: insights from arc-peridotites. **Chemical Geology**, v. 160, n. 4, p. 409–423, 1999.

PUTIRKA, K. D. Thermometers and barometers for volcanic systems. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, v. 69, n. 1, p. 61–120, 2008.

SOMMER, C. A. et al. Post-collisional magmatism in the Sul-Rio-Grandense Shield, Brazil: a review. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, 103567, 2021.

SPEAR, F. S. **Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths**. Washington, DC: Mineralogical Society of America, 1993.