



Estudo de suscetibilidade magnética (SM) e caracterização dos minerais óxidos de Fe e Ti do granito Santa Rosa, região de São Félix do Xingu, província mineral de Carajás

A.L. Paiva Júnior^{1,3}, C.N. Lamarão^{1,2}, C.M.D. Fernandes⁴ & S.C.C. Pinho^{1,3}

1 Grupo de Pesquisa em Petrologia de Granitóides (GPPG), IG, UFPA (antoniollima@gmail.com)

2 Departamento de Petrologia e Geoquímica, IG, UFPA (lamarao@ufpa.br)

3 Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), IG, UFPA (spinhogeo@hotmail.com)

4 Instituto de Geociências, USP (cdmf@usp.br)

Abstract The 1.88 Ga Santa Rosa granite outcrops in the north part of São Félix do Xingu, Pará state. It is inserted in the Velho Guilherme Intrusive Suite which integrates the Tin Province of the South of Pará. The present work consisted of measures of Magnetic Susceptibility (MS) in different samples of the Santa Rosa granite and the identification and characterization of iron and titanium oxides minerals, aiming to discuss the magnetic behavior and the dominant processes during the evolution of these granitic rocks. The iron and titanium oxides minerals responsible for the magnetic signature were studied by reflected light in optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM) of the Geosciences Center of Federal University of Pará. All of the studied samples have titanomagnetite as magmatic primary phase. The rare ilmenites are present as fine trellis within magnetite crystals and sometimes are transformed for titanite and rutile. Rare grains of chalcopyrite and chalcocite are present too. The values of MS obtained revealed two different magnetic populations. The first, denominated A population and constituting 43% of the studied samples, showed MS values between 7.8454×10^{-4} (SI) and 2.2891×10^{-3} (SI). The second, called B population and representing 57% of the measured samples, revealed MS values varying from 3.3606×10^{-3} (SI) to 9.0191×10^{-3} (SI). The obtained data show that the Santa Rosa Granite crystallized at relatively high oxidizing conditions and probably belong to magnetite-series granite.

Keywords: Magnetic susceptibility, opaque minerals, Santa Rosa Granite, São Félix of Xingu.

RESUMO O Granito Santa Rosa localiza-se a norte do município de São Félix do Xingu. Está inserido preliminarmente na Suíte Intrusiva Velho Guilherme que integra a Província Estanífera do Sul do Pará. O presente trabalho constou da realização de medidas de SM em diferentes amostras do Granito Santa Rosa e da identificação e caracterização dos minerais óxidos de Fe e Ti, objetivando discutir o comportamento magnético e os processos que ocorreram durante a evolução desse corpo. Os minerais óxidos de Fe e Ti, responsáveis pela assinatura magnética do corpo Santa Rosa, foram caracterizados por meio de microscopia óptica em luz refletida e microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Centro de Geociências da UFPA. Estudos de SM com suscetibilímetro SI-1 revelaram duas populações magnéticas distintas. A primeira, denominada de população **A** e totalizando 43% das amostras estudadas, apresenta valores de SM entre $7,8454 \times 10^{-4}$ e $2,2891 \times 10^{-3}$. A segunda, chamada de população **B** e constituindo 57% das amostras medidas, possui valores de SM variando de $3,3606 \times 10^{-3}$ a $9,0191 \times 10^{-3}$. Todas as amostras estudadas possuem titanomagnetita como fase magmática primária. A rara ilmenita presente ocorre na forma de finas treliças, porém quase que totalmente transformada para titanita e rutilo. Tal fato indica que o Granito Santa Rosa foi submetido a intensa oxidação, a qual afetou mais a ilmenita do que a magnetita. Foram encontrados ainda grãos esparsos de calcopirita e calcocita. Os dados obtidos possibilitam classificar o Granito Santa Rosa como pertencente, provavelmente à Série Magnetita.

Palavras-chave: Suscetibilidade magnética, minerais opacos, Granito Santa Rosa, São Félix do Xingu.

INTRODUÇÃO A evolução paleoproterozóica do Cráton Amazônico é marcada por um extenso magmatismo de natureza anorogênica, representado por um grande volume de rochas plutônicas máficas, intermediárias e félsicas e vulcânicas intermediárias e félsicas (Teixeira *et al.* 1998, Dall'Agnol *et al.* 1999). O Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) tem concentrado suas atividades principalmente na porção sul-sudeste da Amazônia Oriental, sobretudo na região de São Félix do Xingu, onde, na vila Santa Rosa estão inseridos os diversos morrotes do Granito Santa Rosa. Em razão da

importância geológica dessas rochas para o avanço do conhecimento geológico da região, realizaram-se estudos de SM e caracterização de minerais óxidos de Fe e Ti do Granito Santa Rosa com o objetivo de mostrar as relações existentes entre o comportamento magnético e os processos magmáticos e pós-magmáticos que atuaram nesse granitóide (granito).

ASPECTOS GERAIS O Granito Santa Rosa ocorre na forma de pequenos morrotes abaulados e como blocos isolados associados às rochas vulcânicas do Grupo Uatumã e granitóide mineralizados, como o

Bom Jardim e Mocambo. Foi identificado inicialmente ao norte da vila homônima, nas proximidades de São Félix do Xingu. Posteriormente, outras ocorrências foram localizadas a oeste e sudoeste dessa localidade, ao longo das margens do rio Xingu (Fig 1). O Granito Santa Rosa é uma variação faciológica do Granito Rio Xingu (Teixeira 1999), formado unicamente por biotita sienogranito (1,888 Ga).

SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA O Granito Santa Rosa apresenta valores moderados de SM, variando de $7,8454 \times 10^{-4}$ SIv (valor mínimo) à $9,0191 \times 10^{-3}$ SIv (valor máximo), com uma média de $4,0040 \times 10^{-3}$ SIv. Constatou-se que 46% das amostras analisadas possuem valores de SM superior ao valor médio, e 54 % abaixo da média.

Os dados apresentados no histograma e polígono de frequência (Figs. 2a, b), revelam que os valores de SM apresentam uma distribuição bimodal, como é

observado por meio dos picos do polígono que estão em valores de Log de -2,73 e -2,19 e concentração dos valores entre o Log -3,4 e -2,0 (SIv). Já no gráfico de probabilidade normal (Fig. 2c), podem se distinguir duas populações distintas com características magnéticas diferentes designadas de A e B que foram separadas a partir de diferentes segmentos de reta que fazem a união das populações. A população 'A' é composta por amostras que possuem os menores valores de SM, e representam 43,47% das amostras estudadas, com os valores de SM variando de $7,8454 \times 10^{-4}$ a $2,2891 \times 10^{-3}$. A população 'B', formada por 56,52% dos dados, apresenta valores de SM variando de $3,3606 \times 10^{-3}$ a $9,0191 \times 10^{-3}$. Pelo fato do Granito Santa Rosa apresentar-se sob forma de morrotes métricos e blocos isolados não foi possível confeccionar uma mapa de contorno magnético, uma vez que os blocos estão distribuídos espacialmente distantes uns dos outros.

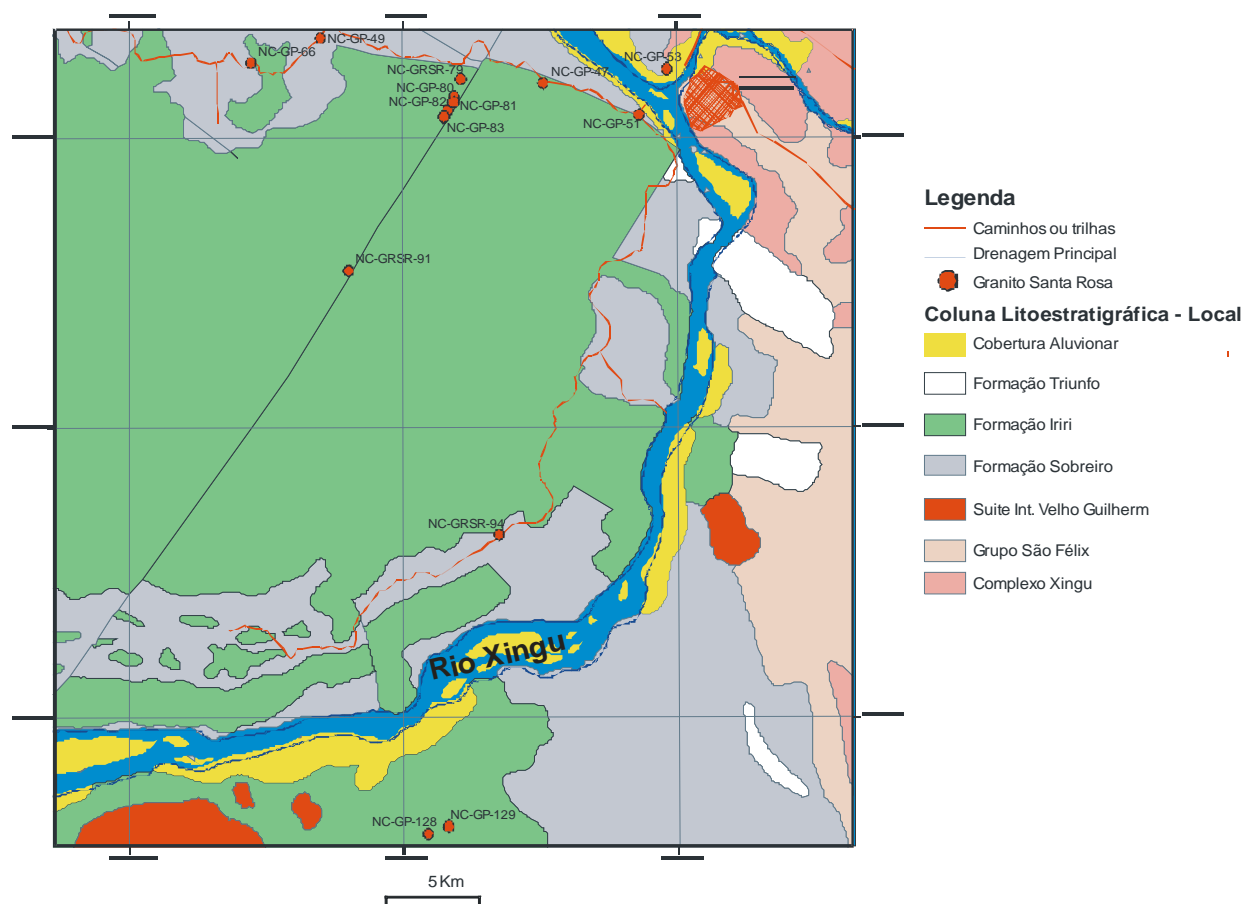


Figura 1. Mapa geológico da região de São Félix do Xingu mostrando as ocorrências do Granito Santa Rosa (modificado de Teixeira 1999)

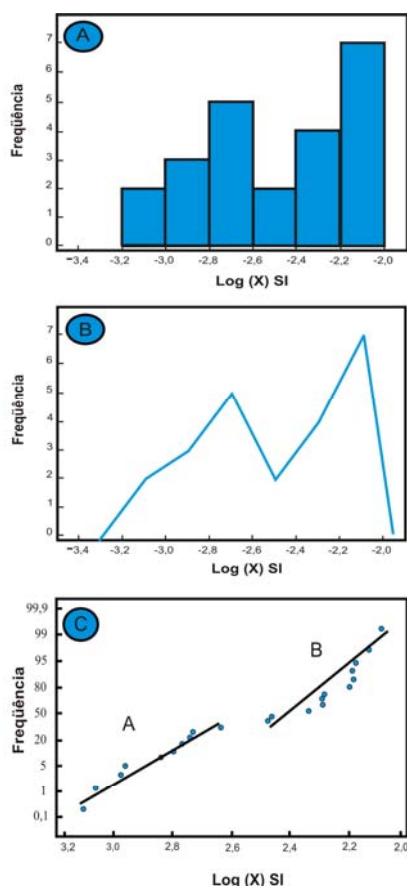


Figura 2- (A) Histograma de frequência, (B) Polígono de frequência e (C) Gráfico de probabilidade referente aos dados de suscetibilidade magnética do Sienogranito Santa Rosa.

MINERAIS ÓXIDOS DE Fe E Ti Estudos em minerais óxidos de Fe e Ti, de acordo com Ishihara, 1981 é um importante fator determinante para caracterização do potencial metalogenético existente na área de estudo.

Os granitóides podem ser classificados, em termos de óxidos de Fe e Ti, como série magnetita e série ilmenita. Os granitóides da série magnetita são associados com mineralizações de sulfetos e granitos de tipologia I, enquanto que os da série ilmenita são relacionados com depósitos de wolframita e cassiterita e granitos de tipologia I e S, onde os fatores controladores de condições mineralizadoras são majoritariamente pressão temperatura e fugacidade do oxigênio (Ishihara 1981).

O Granito Santa Rosa possui textura homogênea e apresenta uma associação variada de minerais óxidos de Fe e Ti, com complexa mineralogia em termos de opacos. Os principais minerais opacos observados foram: magnetita (Mt), ilmenita (Ilm), hematita (Ht), representada pela variedade martita (Mrt) e ocasionalmente calcopirita (Cpy).

Os cristais de magnetita encontram-se inclusos e associados preferencialmente à biotita e mais raramente ao quartzo, dessa forma confirmando seu

caráter precoce na cristalização do magma que originou o Granito Santa Rosa. É muito freqüente a presença de corrosão em minerais opacos, sugerindo sua formação primária e uma posterior desestabilização. A magnetita ocorre como cristais variando de finos a grossos, com faces muitas vezes anédricas e em menor parte euédricas. As faces mais anédricas são aquelas que evidenciam um processo maior de oxidação, desestabilizando a magnetita e transformando-a em martita, mostrando variações na intensidade de oxidação e substituição, o que reflete a variação dos valores de suscetibilidade magnética (SM).

A ilmenita apresenta-se como cristais euédricos a subédricos, exibindo texturas como ilmenita individual (Ilm I) e predominantemente ilmenita treliça ou trellis (Ilm T). Encontra-se normalmente associada à magnetita, formando preferencialmente a textura em treliça.

A hematita ocorre principalmente como produto do processo de martitização. Segundo Haggerty (1981) o processo de hematitização ocorre sobre cristais de Mt pobres em Ti. Isto é coerente com o observado, uma vez que o desenvolvimento da Ht ocorre ao longo dos planos de contato entre Mt e Ilm T, sugerindo que a Ht é posterior ao processo de exsolução-oxidação que afetou a TMt original.

CONCLUSÃO O tratamento dos dados de SM referentes ao Granito Santa Rosa, obtidos por meio da realização de medidas de suscetibilidade magnética (SM) em 23 amostras, revela a existência de duas populações magnéticas, sendo que a maior concentração das amostras situa-se entre Log -3,0 e -2,0. Verificou-se que 56,52% das amostras estão concentradas na população A, que apresenta os maiores valores de SM. Os valores mais baixos de SM são representados pela população B, que reúne 43,47% das amostras e constitui a população menos magnética. O valor mínimo de SM é de $7,8454 \times 10^{-4}$ e o máximo, de $9,0191 \times 10^{-3}$, demonstrando que existe no Granito Santa Rosa uma grande disparidade de valores de SM. Tais valores poderiam, provavelmente, ser o resultado de alteração hidrotermal pós-magmática imposta a essas rochas.

Os principais minerais óxidos de Fe e Ti encontrados no corpo foram magnetita (Mt), ilmenita (Ilm), hematita (Ht), geralmente da variedade martita (Mrt) e o sulfeto calcopirita (Cpy). A Mt encontra-se principalmente como cristais anédricos, e variando o grau de martitização. A principal fase secundária é a hematita que ocorre substituindo a magnetita, sob forma de martita. A ilmenita apresenta-se sob duas formas, ilmenita treliça ou trellis (Ilm T), e ilmenita individual (Ilm I). Já o cristal de calcopirita ocorre em



pequena quantidade, visto somente ao microscópio eletrônico de varredura.

É bastante nítida a relação entre a natureza dos minerais óxidos de Fe e Ti e o grau de magnetização (em reflexo a suscetibilidade magnética) onde se pode perceber que as amostras que apresentavam grandes quantidades modais de magnetita apresentavam os valores mais elevados de SM, enquanto que, as rochas que se mostraram menos oxidadas, porém, conteúdo

expressivo de magnetita, revelaram valores de SM mais baixo.

O Granito Santa Rosa, em termos de minerais óxidos de Fe e Ti, enquadra-se na série Magnetita, o que difere de corpos mineralizados em cassiterita, que pertencem à série Ilmenita. Torna-se, portanto, questionável a inclusão do Granito Santa Rosa na Suíte Velho Guilherme, como havia sido colocado anteriormente (Paiva Júnior 2006), somente com base em petrografia e geocronologia.

Referências

- DALL'AGNOL R., COSTI H.T., LEITE A.A., MAGALHÃES M.S. de, TEIXEIRA N.P. 1999. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, **95**: 9-39.
- HAGGERTY S.E. 1981. Oxidation of opaque mineral oxides in basalts. In: RUMBLE III D. (ed.) *Oxide minerals*. 2nd ed. Washington, Miner. Soc. Amaz. p.Hg 1-Hg 99. (Short course notes).
- ISHIHARA S. 1981. The granitoid series and mineralization. In: SKINNER B.J. (ed.) *Economic Geology*, 75th anniversary Volume, p.458-484.
- PAIVA JÚNIOR A.L., LAMARÃO C.N., FERNANDES C.M.D., PINHO S.C.C., LOBATO V.C. 2006. Petrografia e geocronologia Pb-Pb em zircão do Granito Santa Rosa, São Feliz do Xingu, Província mineral de Carajás; In: IX Simpósio de Geologia da Amazônia., Belém, *Anais*.
- TEIXEIRA N.P., BETTENCOURT J.S., MOURA C.A.V., DALL'AGNOL R. 1998. *Pb-Pb and Sm-Nd constraints of the Velho Guilherme Intrusive Suite and volcanic rocks of the Uatumã Group. South-Southeast Pará-Brasil*. Inter. Geol. Corr. Project 426: Granite Systems and Proterozoic Lithospheric Processes. Wisconsin (EUA), Part III, pp.:178-180.
- TEIXEIRA N.P. 1999. *Contribuição ao estudo das rochas granitóides e mineralizações associadas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do Sul do Pará*. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado.