

QUÍMICA MINERAL E GEOTERMOBAROMETRIA DE PARAGNAISSES MIGMATÍTICOS DO COMPLEXO TURVO-CAJATI, SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Frederico Meira Faleiros^{a,b*} & Ginaldo Ademar da Cruz Campanha^b

^aCPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rua Costa, 55, CEP 01304-010, São Paulo-SP, Brasil

^bDepartamento de Mineralogia e Geotectônica, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, CEP 05508-900, São Paulo-SP, Brasil

*Tel.: +55 11 32584744; fax: +55 11 32568430; e-mails: ffalei@usp.br, ffaleiros@sp.cprm.gov.br

Abstract

Petrographic, mineral chemistry and thermobarometric data are presented for high-grade paragneisses from the Turvo-Cajati Complex, in southern São Paulo State, SE Brazil. The studied rocks are typically formed by the assemblage Grt + Qtz + Mc + Sil + Bt ± Pl ± Ky (Ms absent or scarce). Metamorphic assemblages, reaction textures and field relations indicate that studied rocks crossed the reaction of incongruent melting of muscovite forming sillimanite/kyanite, microcline and muscovite rich granitic leucosomes. Estimated peak temperatures range from 710 to 800°C, while peak pressures vary mainly between 8 and 12kbar, suggesting a metamorphic field gradient above the barrovian gradient. Compositionally zoned garnet present in some samples suggests a prograde growth zoning consistent with a clockwise *PT* path. The metamorphic pattern showed by the Turvo-Cajati Complex is typically found in continental collision zones.

Keywords: mineral chemistry, geothermobarometry, paragneiss

Introdução

O extremo sul do Estado de São Paulo é uma das áreas mais carentes em termos de conhecimento geológico regional devido às dificuldades de acesso, numa região que teve seu primeiro acesso rodoviário na década de 1960 com a construção da BR-116, e é recoberta, em grande parte, por matas protegidas pelo Parque Estadual de Jacupiranga. Entretanto, representa área chave no contexto tectônico regional, onde se articulam o Terreno Luís Alves, o Domínio Curitiba e o Domínio Apiaí da Faixa Ribeira (Fig. 1).

Este trabalho é parte integrante da tese de doutoramento do primeiro autor (em andamento), e compreende estudos de petrografia, química mineral e geotermobarometria de paragneisses de alto grau do Complexo Turvo-Cajati, nas regiões do Alto Rio Jacupiranguinha e Alto Turvo (SP).

Geologia Regional

Os domínios Apiaí e Curitiba, sudeste e sul do Brasil, representam dois segmentos tectônicos do Sistema Orogênico Mantiqueira (Brito Neves *et al.*, 1999), decorrente da colisão entre os cratons São Francisco, Congo e Paranapanema, relacionada com a amalgamação do supercontinente Gondwana Ocidental no Ciclo Brasileiro.

O Complexo Turvo-Cajati insere-se no contexto do Domínio Curitiba, limitado do Domínio Apiaí, ao norte, pela Falha da Lancinha, e do Terreno Luís Alves, ao sul, pela Zona de Cisalhamento Morretes-Faxinal (Fig. 1). O Terreno Luís Alves é constituído principalmente por rochas gnáissico-granulíticas formadas entre o Arqueano (2720-2580 Ma) e o Paleoproterozóico (2250-1850 Ma), com idades K-Ar entre 2100 e 1700 Ma indicando que este domínio encontrava-se estável durante a orogenia Brasileira (Siga Júnior, 1995). O Complexo Turvo-Cajati (idade desconhecida) consiste de micaxistos e paragneisses de fácies xisto verde a anfibolito superior, com intercalações frequentes de rochas calciossilicáticas e mármore. Encontra-se em contato tectônico com o Complexo Atuba, formado por ortogneisses migmatíticos que passaram por dois eventos de metamorfismo regional em fácies anfibolito alto a granulito, ocorridos no Paleoproterozóico (2150-1800 Ma) e Neoproterozóico (640-560 Ma) (Siga Júnior, 1995; Sato *et al.*, 2003).

Petrografia

As rochas do Complexo Turvo-Cajati apresentam uma ampla variação paragenética decorrente de variações composicionais e de intensidade do metamorfismo. Micaxistos e paragneisses migmatíticos formados por Grt + Qtz + Mc + Sil + Bt ± Pl ± Ky, com Ms progressiva ausente ou escassa são as rochas dominantes. As relações texturais, associadas à presença de leucossomas graníticos ricos em muscovita, indicam que estas rochas passaram pela reação de fusão incongruente da muscovita ($Ms + Pl + Qtz = Kfs + Sil/Ky + Fundido$). Restritamente ocorrem variações metamórficas intensas, com passagens entre as zonas Grt-Bt-Chl, Ky-St-Grt-Bt, ky-grt-bt (St ausente), Sil-Ky-Grt-Bt-Ms, Kfs-Ky-Grt-Bt-Ms e Kfs-Sil-Grt-Bt (Ms ausente). Apesar destas zonas metamórficas corresponderem, numa primeira aproximação, às zonas clássicas do metamorfismo barroviano, a presença de rochas com feldspato potássico e

cianita em associações de pico metamórfico (pressões mínimas ao redor de 10kbar) caracterizam um gradiente metamórfico acima do barroviriano. Abreviações de minerais segundo Kretz (1983).

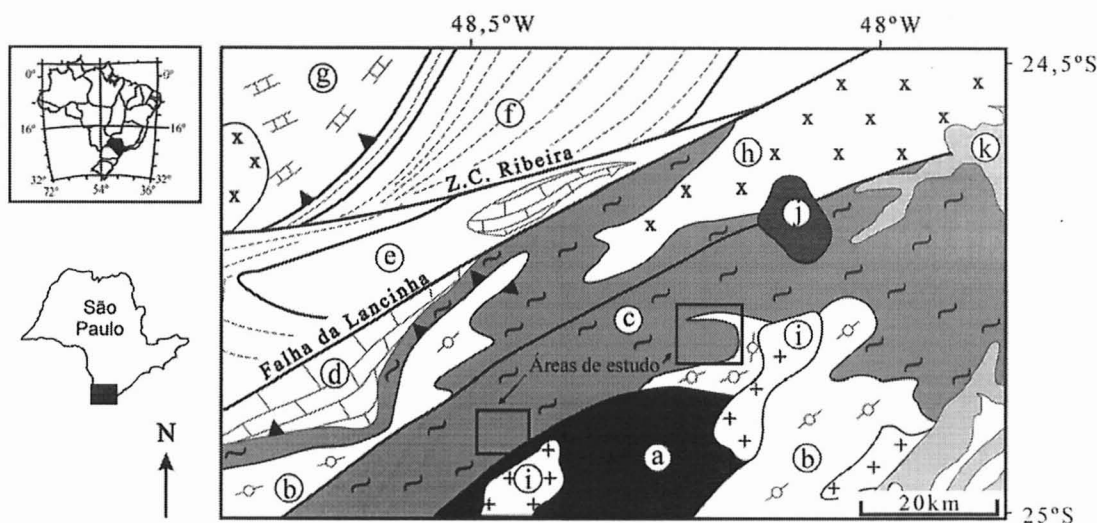


Figura 1. Mapa geológico simplificado com localização das áreas de estudo. Terreno Luis Alves (a). Domínio Curitiba: Complexo Atuba (b), Complexo Turvo-Cajati (c), Formação Capiirú (d). Domínio Apiaí: Formação Serra das Andorinhas (e), Subgrupo Ribeira (f), Subgrupo Lajeado (g), Granitóides sin-tectônicos neoproterozóicos (h), Granitóides pós-tectônicos neoproterozóicos a cambro-ordovicianos (i), Rochas alcalinas fanerozóicas (j), Sedimentos quaternários (k).

Química Mineral

Análises químicas pontuais em fases minerais foram realizadas a partir de seções delgadas polidas utilizando-se uma microsonda eletrônica JEOL JXA-8600 SuperProbe com cinco espectrômetros com cristais TAP/STE, TAP/PET, LIF/PET e PET/LIF. O feixe de elétrons utilizado possui diâmetro de 5 e 10 μm , corrente de 20nA e voltagem de 15kv.

A granada presente nos paragneisses é essencialmente rica no componente almandina, com variações totais entre $\text{Alm}_{62-80}\text{Grs}_{5-17}\text{Prp}_{3-19}\text{Sp}_{2-23}$. Ocorrem dois padrões de zonação química: (1) perfis em forma de sino para o Mn e o Ca, com diminuição dos teores em direção às bordas dos cristais, acompanhado do aumento progressivo dos teores de Fe e Mg (Fig. 2a); (2) perfis planos, praticamente sem variação química nos núcleos e porções intermediárias dos grãos, e zonações marginais reversas nas bordas dos grãos, com forte aumento dos teores de Mn acompanhados da diminuição dos teores de Mg (Fig. 2b). O primeiro padrão de zonação química provavelmente decorre do crescimento progressivo devido à segregação ou reação de particionamento, enquanto o segundo é atribuído a trocas catiônicas retrógradas, talvez com reabsorção de granada (Tracy, 1982).

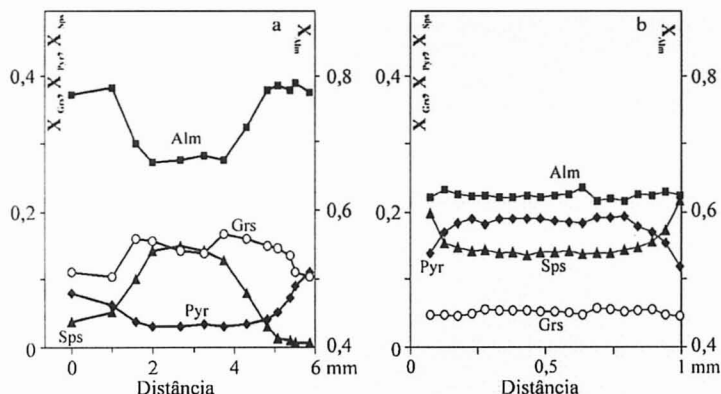


Figura 2.

Perfis composicionais em granada presente em paragneisses migmatíticos. As frações molares dos membros finais espessartita (Sps), grossulária (Grs), almandina (Alm) e piropo (Pyr) são lançadas contra a distância transversal ao grão.

O plagioclásio apresenta composição no intervalo $\text{Ab}_{50-75}\text{An}_{24-50}$, com tendência de aumento e diminuição progressiva dos teores de anortita e albita, respectivamente, em direção às bordas dos porfiroblastos (Fig. 3). O

microclínio apresenta composição variando entre $Ab_{4-17}An_{<1}Or_{83-95}$, embora pouca variação seja observada em amostras individuais.

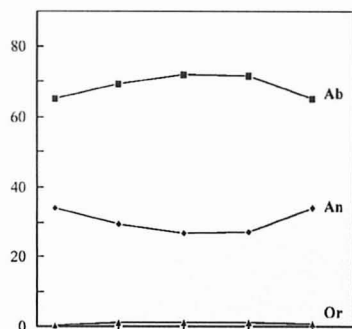


Figura 3. Perfil composicional em porfiroblasto de plagioclásio presente em amostra de paragneisse migmatítico. Albita (Ab), anortita (An), Ortoclásio (Or).

Padrões composicionais bem contrastantes são observados nas biotitas de diferentes amostras. De maneira geral, os conteúdos de Ti apresentam correlações positivas muito fracas em relação aos conteúdos de Al tetraédrico (Fig. 4a). Não existe correlação entre os conteúdos de Ti e as condições *PT* de cada amostra, de forma que as variações devem refletir diferenças composicionais de cada rocha. O conteúdo de X_{Mg} apresenta uma correlação negativa muito fraca em relação ao Al tetraédrico (Fig. 4c), também sem relações com o grau metamórfico. Uma forte correlação negativa geral pode ser observada quanto aos conteúdos de Ti e Al octaédrico (Fig. 4b).

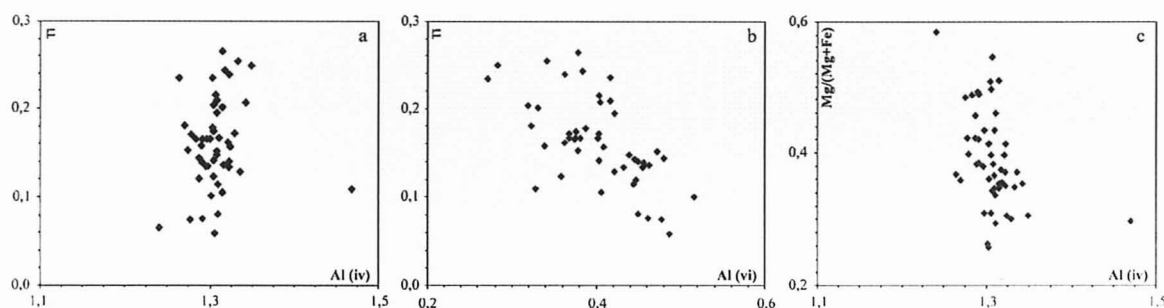


Figura 4. Diagramas binários para biotita presente em paragneisses migmatíticos do Complexo Turvo-Cajati. Valores expressos em átomos por fórmula unitária.

A muscovita apresenta variações composicionais importantes. Quanto à relação entre os teores de Ti e Si, nenhuma correlação clara foi observada (Fig. 5). Em duas amostras (297D e 298E) a muscovita exibe conteúdos bastante variados de Ti para faixas pouco variáveis de Si. A muscovita das amostras 129A e 158 mostra teores pouco variáveis em relação aos dois cátions, enquanto na amostra 056 apresenta conteúdo bastante variável em Si para valores pouco variáveis em Ti (Fig. 5). Uma correlação positiva forte pode ser observada no gráfico relacionando Mg e Si para as amostras 056, 158 e 298E (Fig. 5), enquanto a muscovita das amostras 129A e 297D exibe conteúdos pouco variados em Mg e moderadamente variados em Si. Variações significativas quanto ao conteúdo de Fe pode ser observado na muscovita das amostras 056, que apresenta uma correlação positiva forte com o Si, e 298E, que mostra grandes variações de Fe para teores constantes de Si (Fig. 5). O gráfico relacionando Na e Si mostra correlações negativas para as amostras 129A e 158, sendo consistentes com o aumento da temperatura (Fig. 5). Os padrões apresentados para os cátions Fe^{2+} , Mg, Ti e Na em relação ao Si (Fig. 5) são consistentes com reequilíbrios incompletos da muscovita, em alguns casos relacionado com a progressão e em outros com a retrogressão do metamorfismo.

Geotermobarometria

Cálculos geotermobarométricos foram realizados com o programa THERMOCALC versão 3.21 (Powell & Holland, 1988) no módulo *average PT calculations*, utilizando composições químicas de borda de granada e minerais presentes na matriz (biotita, muscovita e feldspato). As estimativas são interpretadas como representantes de equilíbrios termodinâmicos nas condições de pico metamórfico a que cada rocha foi submetida. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1. Resultados geotermobarométricos para amostras de paragnaisses do Complexo Turvo-Cajati.

Amostra	Associação Utilizada	P (kbar)	T (°C)	Posição
056	Sil-Grt-Bt-Ms-Kfs-Qtz	6,1 ± 2,6	805 ± 85	borda/matriz
129A	Ky-Grt-Bt-Ms-Pl-Kfs-Qtz	12,4 ± 4,4	742 ± 92	borda/matriz
129A	Ky-Grt-Bt-Pl-Kfs-Qtz	9,4 ± 1,1	711 ± 41	borda/matriz
297D	Sil-Grt-Bt-Pl-Kfs-Qtz	8,1 ± 1,5	803 ± 39	borda/matriz
298E	Ky-Sil-Grt-Ms-Bt-Kfs-Qtz	9,6 ± 1,3	789 ± 58	borda/matriz

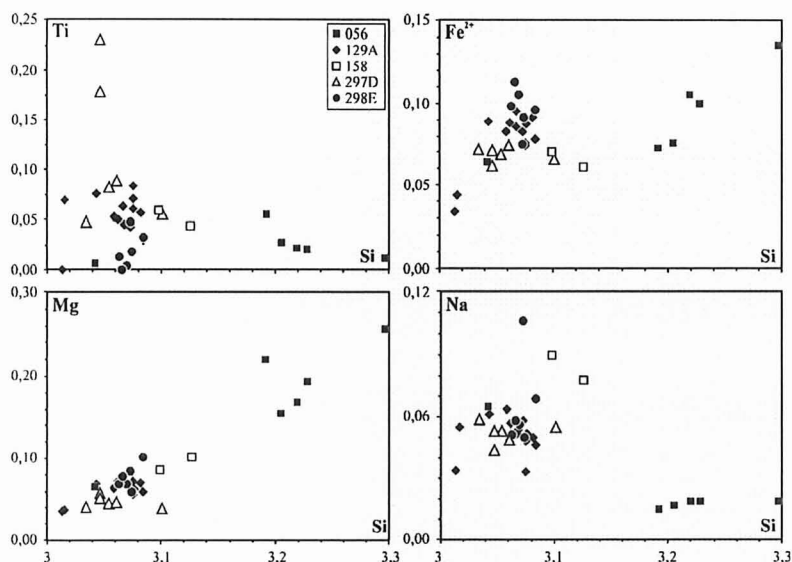


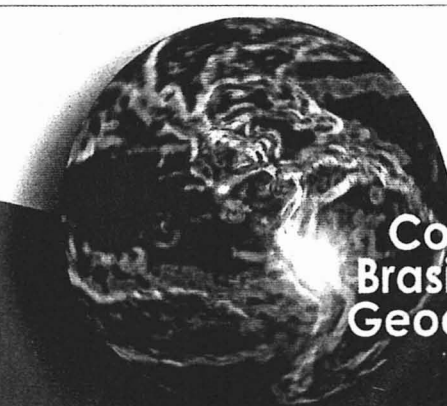
Figura 5. Diagramas binários para muscovita presente em paragnaisses migmatíticos do Complexo Turvo-Cajati. Valores expressos em átomos por fórmula unitária.

Discussão e Conclusões

O padrão metamórfico apresentado pelo Complexo Turvo-Cajati, com rochas equilibradas (pico metamórfico) em condições de alta temperatura e pressão intermediária a alta, é típico de zonas de colisão continental, e sugere um gradiente metamórfico acima do barroviano. Embora não tenha sido possível até o momento calcular condições *PT* anteriores ao pico metamórfico, as relações texturais entre as associações metamórficas e os padrões de zanação química de granada sugestivos de crescimento progressivo, encontrados em algumas amostras, sugerem uma trajetória metamórfica em sentido horário. Esse padrão metamórfico é consistente com o padrão estrutural descrito por Faleiros & Campanha (2005), caracterizado por sistemas de nappes com transporte para oeste decorrentes de um regime compressivo.

Bibliografia

- Brito Neves, B.B.; Campos Neto, M.C.; Fuck, A.F. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, **22**: 155-166.
- Faleiros, F.M. & Campanha, G.A.C. 2005. Geometria e cinemática do Domínio Curitiba (Complexos Turvo-Cajati e Atuba), na região do Alto Jacupiranguinha, Cajati, SP. In: X Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Curitiba, SBG, Boletim de Resumos Expandidos, pp. 428-431.
- Kretz, R., 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, **68**: 277-279.
- Powell, R. & Holland, T. J. B. 1988. An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Application methods, worked examples and a computer program. *Journal of Metamorphic Geology*, **6**: 173-204.
- Sato, K.; Siga Júnior, O.; Nutman, A.P.; Basei, M.A.S.; McCreath, I.; Kaulfuss, G. 2003. The Atuba Complex, Southern South American Platform: Archean Components and Paleoproterozoic to Neoproterozoic Tectonothermal Events. *Gondwana Research*, **6**: 251-263.
- Siga Júnior, O. 1995. *Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal*. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 212p.
- Tracy, R. J., 1982. Compositional zoning and inclusions in metamorphic minerals. In: Characterisation of Metamorphism Through Mineral Equilibria (ed. Ferry J. M.). Mineralogical Society of America, Washington DC, 397p. *Reviews in Mineralogy*, **10**: 355-397



XI
Congresso
Brasileiro de
Geoquímica

ANO INTERNACIONAL DO PLANETA TERRA

Geoquímica no Ano Internacional
do Planeta Terra

26223

CD
551.9081
C749
11.a

ANNAIS

2007