



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**TESE DE DOUTORADO**

**MODELOS DE EVOLUÇÃO E COLOCAÇÃO DOS  
GRANITOS PALEOPROTEROZÓICOS DA SUÍTE JAMON,  
SE DO CRÁTON AMAZÔNICO**

**Tese apresentada por:**

**DAVIS CARVALHO DE OLIVEIRA**

---

**BELÉM  
2006**



**Universidade Federal do Pará**  
**Centro de Geociências**  
**Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROLOGIA MAGNÉTICA DO  
GRANITO PALEOPROTEROZÓICO REDENÇÃO,  
SE DO CRÁTON AMAZÔNICO**

TESE APRESENTADA POR

**DAVIS CARVALHO DE OLIVEIRA**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **29 / 06 / 2001**

**Comitê de Tese:**

ROBERTO DALL'AGNOL (Orientador)

CARLOS EDUARDO DE MESQUITA BARROS

SERGIO PACHECO NEVES

TSGQ 030745-01

MFN: 7935

**Belém**

UFPa - Centro de Geociências  
BIBLIOTECA

## RESUMO

A Suíte Jamon de 1.88 Ga e diques associados são intrusivos em granitóides arqueanos (2.97-2.86 Ga) do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria a sul da Serra dos Carajás, no SE do Craton Amazônico. Aspectos petrográficos e geoquímicos associados a estudos de susceptibilidade magnética e aerogeofísica mostraram que os plútons da Suíte Jamon são normalmente zonados. Relações de magma *mingling* indicam injeções múltiplas de magma na construção dos plutons. Eles foram formados, em geral, por dois pulsos magmáticos: (1) um primeiro pulso magmático foi fracionado *in situ* após a colocação em níveis crustais rasos gerando uma série de monzogranitos equigranulares grossos com proporções variáveis de biotita e hornblenda; (2) um segundo pulso, ligeiramente mais jovem, localizado nas porções centrais dos plutons, é composto de um magma mais evoluído de onde leucogranitos equigranulares derivaram. Intrusões anelares são identificadas no plúton Redenção. O zoneamento magmático é marcado por um decréscimo do conteúdo modal de minerais máficos, das razões plagioclásio/K-feldspato e anfibólio/biotita e do conteúdo de anortita do plagioclásio. O conteúdo de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}_t$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Ba, Sr e Zr diminuem e os de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e Rb aumentam na mesma direção. A diferenciação magmática foi controlada pelo fracionamento das fases minerais cristalizadas precocemente, incluindo anfibólio  $\pm$  clinopiroxênio, andesina-oligoclásio cálcico, ilmenita, magnetita, apatita e zircão. A Suíte Jamon é subcalina, metaluminosa a peraluminosa e possui assinatura geoquímica de granitos intraplaca do tipo-A. A ocorrência de magnetita e titanita, bem como os altos valores de susceptibilidade magnética demonstra que os granitos da Suíte Jamon foram formados em condições oxidantes. Granitos tipo-A oxidados possuem altas razões de  $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ ,  $\text{TiO}_2/\text{MgO}$  e  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  e baixos valores de  $\text{CaO}$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  comparado aos granitos cálcio-alcalinos. Porém, o caráter oxidado da Suíte Jamon são similares aos granitos mesoproterozóicos do tipo-A da série magnetita do SW da América do Norte e difere dos granitos rapakivi reduzidos do Escudo da Fennoscandia e das suítes Serra dos Carajás e Velho Guilherme da Província Mineral de Carajás em vários aspectos, provavelmente pela diferença de fontes magmáticas. A Suíte Jamon cristalizou próximo ou levemente acima do tampão óxido níquel-níquel (NNO) e uma fonte biotite-honblende quartzo-diorítica sanukitoid arqueana foi proposta para os magmas oxidados da Suíte Jamon.

O estudo gravimétrico indica que os plútons Redenção e Bannach são intrusões tabulares com  $\sim 6.0$  km e  $\sim 2.2$  km de espessura máxima, respectivamente. Estes plútons possuem

dimensões lacolíticas e são similares neste aspecto aos clássicos plútons graníticos rapakivi. Os dados gravimétricos sugerem que o crescimento da parte norte do pluton Bannach resultou da amalgamação de plútons tabulares menores intrusivos em seqüência de noroeste a sudeste. Os plútons da Suíte Jamon foram colocados em um ambiente tectônico extensional com o esforço seguindo o trend NNE-SSW to ENE-WSW, como indicado pela ocorrência de enxames de diques de diabásio e granito pórfiro, de orientação WNW-ESE a NNW-SSE e coexistentes com a Suíte Jamon. Os plútons graníticos paleoproterozóicos e stocks de Carajás estão dispostos ao longo de um cinturão que segue o *trend* geral definido pelos diques. A geometria tabular dos batólitos estudados e o alto contraste de viscosidade entre os granitos e suas rochas encaixantes arqueas pode ser explicado pelo transporte de magma via diques.

Os mecanismos responsáveis pela colocação dos plútons graníticos, em particular de plútons anorogênicos do tipo-A, são ainda discutidos. Desse modo, estudo da trama magnética através de medidas de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM) tem sido aplicado no plúton Redenção na tentativa de compreender a sua história de colocação. Os altos valores de suscetibilidade magnética ( $1 \times 10^{-3}$  SI to  $54 \times 10^{-3}$  SI) indicam que a trama magnética é controlada principalmente pelos minerais ferromagnéticos. Os baixos valores do grau de anisotropia ( $P'$ ) e os aspectos texturais (ausência de feições deformacionais) indicam que a trama magnética é de origem magmática. A trama magnética é bem definida e caracterizada por uma foliação concêntrica de alto ângulo associada com lineações com mergulho moderado a fraco. A falta de uma trama linear unidirecional bem definida na escala do plúton sugere uma influência reduzida ou nula dos esforços (stresses) regionais durante a colocação do corpo granítico. A forma tabular e a ocorrência de foliações magnéticas de alto ângulo são interpretadas principalmente como resultado de: (1) ascensão vertical de magmas através de diques alimentadores noroeste-sudeste e acomodação pela translação ao longo dos planos da foliação regional E-W; (2) mudança do fluxo vertical para um espalhamento lateral do magma, com subsidência do assoalho criando espaço para injeção de pulsos magmáticos sucessivos; (3) expansão *in situ* da câmara magmática em resposta às intrusões mais tardias na porção central, acompanhada pela injeção do magma residual através de fraturas anelares.

## ABSTRACT

The 1.88 Ga, anorogenic, A-type Jamon suite and associated dikes intruded 2.97 – 2.86 Ga-old Archean granitoids of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane which lies to the south of Serra dos Carajás, in the southeastern domain of the Amazon Craton, northern Brazil. Petrographic and geochemical aspects associated with magnetic susceptibility and gamma-ray spectrometry data showed that the Redenção and the northern part of Bannach plutons are normally zoned, with mingling relationships that indicate multiple magma injections in their construction. Both were formed by two magmatic pulses: (1) a first magma pulse which fractionated in situ after shallow crustal emplacement and generated a series of coarse, even-grained monzogranites with variable modal proportions of biotite and hornblende; (2) a second, slightly younger magma pulse, localised in the center of both plutons, and composed of a more evolved liquid from which even-grained leucogranites were derived. Seriated and porphyritic biotite monzogranite facies intruded the coarse (hornblende)-biotite monzogranites and formed anellar structures within the Redenção pluton. The magmatic zoning is marked by a systematic decrease in mafic mineral modal content, plagioclase/potassium feldspar and amphibole/biotite ratios, and anorthite content of plagioclase.  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}_t$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Sr}$ , and  $\text{Zr}$  decreased, and  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , and  $\text{Rb}$  increased in the same fashion. Magmatic differentiation was controlled by fractionation of early crystallized phases, including amphibole±clinopyroxene, andesine to calcic oligoclase, ilmenite, magnetite, apatite, and zircon. The Jamon suite is subalkaline, metaluminous to mildly peraluminous, ferroan alkali-calcic, and displays geochemical affinities with within-plate A-type granites. The ubiquitous occurrence of magnetite and titanite as well as high magnetic susceptibility values demonstrate that granites of the Jamon suite are oxidized in character. Oxidized A-type granites have high  $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ ,  $\text{TiO}_2/\text{MgO}$ , and  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ratios and low  $\text{CaO}$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  compared to calc-alkaline granites. The oxidized character of the Jamon suite makes it more akin to the USA Mesoproterozoic magnetite-series A-type granites but differs from the reduced rapakivi granites of the Fennoscandian Shield, and Serra dos Carajás and Velho Guilherme suites of the Carajás province, probably because of different magmatic sources. The Jamon suite probably crystallized near or slightly above the nickel-nickel oxide (NNO) buffer and an Archean sanukitoid biotite-hornblende quartz diorite source was proposed for the oxidized Jamon magmas.

Gravity modelling indicates that the Redenção and Bannach plutons are sheeted-like composite laccolithic intrusions, ~6 km and ~2 km thick, respectively. These plutons follow the general power law for laccolith dimensions and are similar in this respect to classical rapakivi granite plutons. Gravity data suggest that the growth of the northern part of the Bannach pluton was the result of the amalgamation of smaller sheeted-like plutons which successively intruded in sequence from northwest to southeast. Jamon suite plutons were emplaced in an extensional tectonic setting with the principal stress oriented approximately along NNE-SSW to ENE-WSW, as indicated by the occurrence of diabase and granite porphyry dike swarms, orientated WNW-ESE to NNW-SSE and coeval with the Jamon suite. The 1.88 Ga A-type granite plutons and stocks of Carajás are disposed along a belt defined by the general trend of the dike swarms. The inferred tabular geometry of the studied plutons can be explained by magma transport via dikes and it is supported the high contrast of viscosity between the granites and their Archean country rocks.

Mechanisms responsible for emplacement of granitic plutons, and in particular of anorogenic A-type plutons, are still debated. A magnetic fabric study derived from anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) measurements was applied to the Redenção pluton in order to understand its emplacement history. High magnetic susceptibilities ( $K$  from  $1 \times 10^{-3}$  SI to  $54 \times 10^{-3}$  SI) indicated that magnetic fabrics are primarily carried by ferromagnetic minerals (magnetite). Low  $P'$  values and absence of intracrystalline deformation features indicated that the magnetic fabric is of magmatic origin. The magnetic fabric is well organized and characterized by concentric steep foliations associated with moderately to gently plunging lineations. The lack of a well-defined unidirectional linear fabric at pluton scale suggests the reduced or null influence of regional stresses during granite emplacement. Three stages are proposed for construction of the Redenção pluton, which reconcile the tabular shape of the intrusion with the occurrence of steep magnetic foliations: (1) ascent of magmas in vertical, northwest-striking feeder dikes and accommodation by translation along east-west-striking regional foliation planes; (2) switch from upward flow to lateral spread of magma with space for injection of successive magma pulses created by floor subsidence; and (3) in situ inflation of the magma chamber in response to the central intrusion of late facies, accompanied by evacuation of resident magmas through ring fractures.