



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 501**

**GRANITOIDES COLISIONAIS MESOARQUEANOS DE  
OURILÂNDIA DO NORTE (PA): GEOLOGIA,  
MICROESTRUTURAL, AFINIDADES PETROLÓGICAS E  
IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS PARA A PROVÍNCIA CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:**

**LUCIANO RIBEIRO DA SILVA**

**Orientador: Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira (UFPA)**

**BELÉM  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Silva, Luciano Ribeiro da, 1991-  
Granitoides colisionais mesoarqueanos de Ourilândia do Norte (PA): geologia, microestrutural, afinidades petrológicas e implicações tectônicas para a Província Carajás / Luciano Ribeiro da Silva. – 2017.

xv, 72 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Davis Carvalho de Oliveira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2017.

1. Granito – Ourilândia do Norte (PA). 2. Petrologia – Ourilândia do Norte (PA). 3. Geoquímica – Ourilândia do Norte (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 553.52098115

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**


**GRANITOIDES COLISIONAIS MESOARQUEANOS DE  
OURILÂNDIA DO NORTE (PA): GEOLOGIA,  
MICROESTRUTURAL, AFINIDADES PETROLÓGICAS E  
IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS PARA A PROVÍNCIA CARAJÁS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**LUCIANO RIBEIRO DA SILVA**

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

**Data de Aprovação: 17/06/2017**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira  
(Orientador-UFPA)

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luana Moreira Florisbal  
(Membro-UFSC)

  
Prof. Dr. José de Arimatéia Costa de Almeida  
(Membro-UNIFESSPA)

*À família, senseis e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus sinceros e profundos agradecimentos a todas as pessoas e entidades que contribuíram para a realização deste trabalho e em especial:

- Ao Programa de Pós-Graduação de Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo fornecimento de infraestrutura.
- A Capes pela concessão da bolsa de mestrado;
- Aos convênios VALE-FAPESPA (Edital 01/2010 - ICAFF 053/2011) e INCT/GEOCIAM (Proc. 573733 / 2008-2) pelo suporte financeiro;
- Aos membros do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG) do Instituto de Geociências da UFPA, pelo suporte técnico-científico durante as diversas fases deste trabalho, em especial a Maria Nattânia dos Santos, Fernando Fernandes, Pablo Leite, Bhrenno Marangoanha, Eleison Gabriel, Jean Machado, Diwhemerson Sousa, Marcela Santos e Rodrigo Santos pelos inúmeros momentos de reflexão e auxílio nas etapas de campo;
- Aos funcionários Cleida e Joelma Lobo da UFPA;
- À minha família, em especial ao meu irmão Brendo Ribeiro e aos meus pais pelas diversas formas de incentivo e companherismo ao longo da confecção deste trabalho;
- À minha namorada Letícia do Carmo pelo apoio nas últimas etapas deste trabalho;
- Aos amigos Rômulo Rosa, José Arimateia Correia, Maicon Silva, Yuri Rafael e Emanuel Aguiar pela ajuda, incentivo e momentos de descontração;
- Por fim, ao professor Davis Carvalho de Oliveira pela oportunidade de realizar este trabalho, com tranquilidade, sob sua orientação e aos professores José de Arimateia, Cláudio Lamarão, Cândido Moura, Paulo Gorayeb, Sergio Valente e Renato Moraes pelo incentivo e ensinamento referente à petrologia e deformação de granitoides.

*"O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual sempre trabalhei pertence a mim."*

Nikola Tesla

## RESUMO

Este estudo investiga a diversidade, origem e significado tectônico dos granitoides mesoarqueanos de Ourilândia do Norte, que ocorrem próximo ao limite entre os domínios Rio Maria e Carajás, no sudeste do Craton Amazônico. Trabalhos anteriores, realizados nesta região, identificaram sanukitoides (~2,87 Ga), (quartzo) dioritos de afinidade BADR (basalto-andesito-dacito-riolito) e leucogranitos indiferenciados. Monzogranitos de afinidade charnokítica seccionam tais unidades. Os novos dados de mapeamento geológico obtidos neste trabalho permitiram definir a natureza e aspectos estruturais dos leucogranitos até então indiferenciados. Assim, foi possível diferenciar três novos grupos de granitoides: (i) biotita monzogranitos (BMzG); (ii) epidoto-biotita granodioritos (EBGd); e (iii) granitoides porfiríticos (Grtp). Com base nestas informações, esta dissertação visa definir a classificação, natureza, processos de formação e aspectos de deformação dessas rochas, e discutir, a partir da integração desses dados com aqueles gerados em trabalhos anteriores, as relações entre plutonismo e deformação para formação e colocação dos granitoides mesoarqueanos de Ourilândia do Norte. Para tanto, foi utilizada uma abordagem integrada de dados de campo, petrografia, microestrutural e geoquímica. Os dados de petrografia mostram que todos os grupos identificados são subdivididos em duas fácies. Aquele de composição BMzG é diferenciado em uma fácies equigranular (BMzGe) e outra heterogranular (BMzGh) e o EBGd em epidoto-biotita granodiorito heterogranular (EBGdh) e titanita-epidoto-biotita granodiorito esparsamente porfirítico (TEBGdep). Esses granitoides compõem dois batólitos separados por uma faixa de sanukitoide e rochas de afinidade BADR. O batólito situado na porção central da área tem forma elipsoidal, com maior eixo orientado na direção ENE-WSW, e o outro, localizado na porção sudeste, é arciforme. Ambos são amplamente dominados por BMzG, com menor ocorrência de lentes de EBGd. O Grtp é individualizado em biotita-hornblenda granodiorito porfirítico (BHGdp) e epidoto-biotita trondhjemitó porfirítico (EBTdp), e ocorre como corpos menores, especialmente associados com as rochas de afinidade sanukitoide e BADR, respectivamente. As relações de *mingling* estabeleceram a contemporaneidade entre todos os granitoides de Ourilândia do Norte, incluindo os de assinatura sanukitoide e BADR. Em termos de geologia estrutural, esses plútons foram afetados por deformação heterogênea. Suas porções centrais representam domínios de menor *strain*, onde mostram foliação magmática de direção principal ENE-WSW e mergulho subvertical, com fraca superimposição de deformação em estado sólido. Por outro lado, as bordas desses plútons são marcadas por zonas de cisalhamento de grande escala, onde foliações miloníticas são tipicamente desenvolvidas, com *trend* subparalelo às bordas e

mergulho subvertical. Os dados meso- e microestruturais indicam que as rochas estudadas são sin- a tardi-tectônicas e foram afetadas por deformação de alta temperatura ( $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e baixo esforço diferencial, em regime de transpressão sinistral, controlado predominantemente por cisalhamento puro, indicando que as tramas magmáticas e de estado sólido estão relacionadas a um mesmo evento deformacional. Geoquimicamente, com exceção do EBTdp que tem afinidade Mg-Na, os granitoides de Ourilândia do Norte podem ser agrupados em duas suítes: (i) suíte Fe-K que integra o grupo BMzG e a fácies TEBGdep; e (ii) suíte Mg-K composta por granitoides de afinidade sanukitoide (incluindo EBGdh e BHGdp) e (quartzo) dioritos de afinidade BADR. Ambos os grupos são cálcico-alcálicos a alcalino-cálcicos e diferem entre si com base em suas relações  $\text{FeO}^t/\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e alguns elementos traços (Sr, Ba, Rb). A origem do BMzG é atribuída à anatexia de uma crosta TTG (2,92-2,98 Ga). O EBGdh tem afinidade sanukitoide e foi produzido por intenso fracionamento de hornblenda  $\pm$  clinopiroxênio. Os granitoides de fácies TEBGdep, BMzGh, BHGdp e EBTdp mostram evidências de *mingling* entre magmas contrastantes, indicando que suas origens requerem interação entre magmas derivados do manto metassomatizado e da crosta. Dados geoquímicos e modelagem foram utilizados para identificar os diferentes processos relacionados à origem e formação destes granitoides: (i) o TEBGdep é enriquecido em HFSE (Ti, Zr e Y) e LILE (Ba e Sr) e foi admitido como produto da fusão parcial de uma fonte mantélica enriquecida, provavelmente em um ambiente de pós-subducção, com participação de magmas crustais; (ii) o BMzGh é gerado pela interação entre magmas de composição TEBGdep (60%) e eBMzG (40%); (iii) o BHGdp é formado pela hibridização entre magmas sanukitoide (80%) e leucomonzogranítico (20%); e (iv) o EBTdp é originado por uma mistura incompleta entre líquido trondhjemítico de assinatura TTG (70-80%) e magma de afinidade BADR (20-30%). Portanto, podemos concluir que em  $\sim 2,87$  Ga ocorreu um significativo crescimento e retrabalhamento crustal, nas fases finais de estabilização do primeiro ciclo geotectônico registrado na Província Carajás. Isto nos leva a sugerir que todos os granitoides mesoarqueanos de Ourilândia do Norte foram alojados durante a segunda etapa de um modelo tectono-magmático de dois estágios (subducção-colisão): (i) primeiro estágio (2.98-2.92 Ga) - subducção de baixo ângulo com colocação de *slab-melt* e consequente metassomatismo da cunha mantélica; (ii) segundo estágio ( $\sim 2,87$  Ga) - ambiente colisional, onde zonas de cisalhamento condicionaram a ascensão e colocação dos magmas, atuando como condutos pré-existentes para o transporte e interação entre magmas mantélicos e crustais.

Palavras-chave: Geoquímica. Microestrutural. Granitoides. Arqueano. Província Carajás.



## ABSTRACT

This study investigates the diversity, origin and tectonic significance of the Mesoarchean granitoids of Ourilândia do Norte, emplaced near Rio Maria-Canãa dos Carajás domains boundary, southeastern Amazonian Craton (Brazil). Previous work, done in this region, has identified granitoids of sanukitoid affinity (~ 2.87 Ga), (quartz) diorites of BADR (basalt, andesite, dacite, rhyolite) affinity and undifferentiated leucogranites. In addition there are monzogranites with clinopyroxene, cross-cutting the Mesoarchean granitoids. In this study, new geological mapping data allowed to define the nature and structural aspects of the leucogranites undifferentiated. These data allowed to differentiate three new groups of granitoids, classified as: (i) biotite monzogranites (BMzG); (ii) epitote-biotite granodiorites (EBGd); and (iii) porphyritic granitoids (pGrt). In this respect, this dissertation aims to define the classification, nature, formation processes and deformation aspects of these rocks, and discuss, from the integration of these data with those generated in previous works, the relations between plutonism and deformation for the formation of the Ourilandia do Norte granitoids. For this was used an integrated approach of field, petrography, microstructural and geochemistry data. The petrography data show that the first two groups (BMzG and EBGd) are both subdivided into two facies. The BMzG is differentiated into equigranular (eBMzG) and heterogranular (hBMzG) facies and the EBGd into heterogranular epitope-biotite granodiorite (hEBGd) and sparsely porphyritic titanite-epitoto-biotite granodiorites (spTEBGd). These granitoids constitute two batholiths separated by a rock strip of sanukitoid and BADR affinity. The main batholith has an ellipsoidal shape, with the largest axis oriented in the ENE-WSW direction, and other is arc-shape. Both are largely dominated by BMzG rocks, with less occurrence of EBGd lenses. The pGrt is individualized in porphyritic biotite-hornblende granodiorite (pBHGd) and porphyritic epidote-biotite trondhjemite (pEBTd), and occurs as smaller bodies, spatially associated with rocks of sanukitoid and BADR affinities, respectively. The mingling relationships established the contemporaneity between all the Ourilândia do Norte granitoids, including those of sanukitoid and BADR signatures. In terms of structural geology, these plutons were affected by heterogeneous deformation. Their central portions represent lower strain domains, where occurs magmatic foliation of ENE-WSW main direction and subvertical dip, with weak superimposition of solid-state deformation. On the other hand, the borders of these plutons are marked by large-scale shear zones, where milonitic foliations are typically developed, with subparallel trend to the batholith border and subvertical dip. The meso- and microstructural data indicate that the rocks studied are syn- to late-tectonic and were affected by high temperature deformation (> 500 °C) and low

differential stress, in a sinistral transpression regime, predominantly controlled by pure shear, indicating that the magmatic and solid-state fabrics are related to the a same deformational event. Geochemically, except the EBTdp facies that has Mg-Na affinity, the Ourilândia do Norte granitoids can be grouped into two suites: (i) Fe-K suite that integrates the BMzG group and the spTEBGd facies; and (ii) Mg-K suite composed of granitoids (including EBGdh and BHGdp) and (quartz) diorites of sanukitoid and BADR affinities, respectively. Both groups are alkali-calcic to calc-alkaline and they differ on the basis of their  $\text{FeO}^t/\text{MgO}$  ratios,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and some trace elements (Sr, Ba, Rb). The origin of the eBMzG is attributed anatexis a 2.92-2.98 Ga old TTG crust. The hEBGd has sanukitoid affinity and could have been produced by intense fractionation of hornblende  $\pm$  clinopyroxene. The granitoids of spTEBGd, hBMzG, pBHGd and pEBTd facies show evidence of mingling between contrasting magmas, indicating that their origins require interaction between metassomatized mantle- and crustal derived magmas. Geochemical data and modeling were used to identify the different processes related to the origin and formation of these granitoids: (i) spTEBGd is enriched in HFSE (Ti, Zr and Y ) and LILE (Ba and Sr) and was admitted as product of the partial melting of an enriched mantle source, with participation of crustal liquids, probably in a post-subduction setting; (ii) hBMzG is generated by the interaction between magmas of spTEBGd (60%) and eBMzG (40%) composition; (iii) pBHGd is formed by the hybridization between sanukitoid (80%) and leucomonzogranitic (20 %) magmas; and (iv) pEBTd is formed by an incomplete mixture between TTG signature trondhjemitic liquid (70-80%) and magma of BARD affinity (20-30%). Therefore, we can conclude that in ~2.87 Ga a significant crustal growth and reworking occurred in the final stages of stabilization of the first geotectonic cycle of Carajás province. This leads us to suggest that all the Ourilândia do Norte Mesoarchean granitoids were emplacement during the second stage of a tectono-magmatic two-stage (subduction-collision) model: (i) first stage (2.98-2.92 Ga) - low-angle subduction with emplacement of slab-melt and consequent mantle wedge metasomatism; (ii) second stage (~ 2.87 Ga) - emplacement of the granitoids studied in a collisional environment, where shear zones conditioned the rise and emplacement of magmas, acting as deep-reaching discontinuities and important conduit for transport and interaction between mantle- and crustal-derived magmas.

Keywords: Geochemistry. Microstructural. Granitoids. Archean. Carajás Province.