



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

TESE DE DOUTORADO Nº 166

**PETROGÊNESE E HISTÓRIA TECTÔNICA DOS
GRANITOIDES MESOARQUEANOS DE OURILÂNDIA DO
NORTE (PA) – PROVÍNCIA CARAJÁS**

Tese apresentada por:

LUCIANO RIBEIRO DA SILVA

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

**BELÉM - PARÁ
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586p Silva, Luciano Ribeiro da.
Petrogênese e história tectônica dos granitoides mesoarqueanos de Ourilândia do Norte (PA) – Província Carajás / Luciano Ribeiro da Silva. — 2022.
xv, 302 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2022.

1. Granitoides. 2. Petrologia. 3. Transição tectônica. 4. Arqueano. 5. Província Carajás. I. Título.

CDD 551.9



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

**PETROGÊNESE E HISTÓRIA TECTÔNICA DOS
GRANITOIDES MESOARQUEANOS DE OURILÂNDIA DO
NORTE (PA) – PROVÍNCIA CARAJÁS**

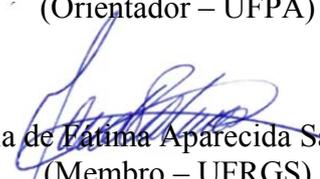
**TESE APRESENTADA POR
LUCIANO RIBEIRO DA SILVA**

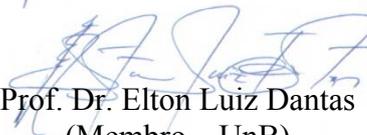
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA, linha de pesquisa EVOLUÇÃO CRUSTAL E METALOGÊNESE.**

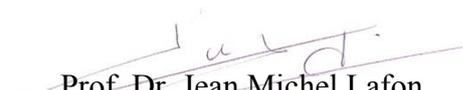
Data de Aprovação: 16 / 09 / 2022

Banca Examinadora:


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


Profª Drª Maria de Fatima Aparecida Saraiva Bitencourt
(Membro – UFRGS)


Prof. Dr. Elton Luiz Dantas
(Membro – UnB)


Prof. Dr. Jean Michel Lafon
(Membro – UFPA)


Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol
(Membro – UFPA)

*Dedico este trabalho à minha família,
professores e amigos que sempre me apoiaram
durante a construção deste documento.*

AGRADECIMENTOS

O autor desta tese expressa seus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e entidades que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e em particular:

- Ao Programa de Pós-Graduação de Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da UFPA pelo fornecimento de infraestrutura;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo (88882.347887/2019-01);
- Ao Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do Instituto de Geociências da UFPA, com destaque para o apoio do Prof. Marco Galarza (tutor);
- Ao Laboratório de Microanálises (LM) do Instituto de Geociências da UFPA, com destaque para Gisele Marques (técnica administrativa do laboratório) e para o Prof. Cláudio Lamarão (coordenador do laboratório);
- Ao Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da UFPA, com destaque para o apoio da responsável técnica Joelma Lobo;
- Ao orientador Prof. Davis C. de Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho com tranquilidade, pelos incentivos, ensinamentos e reflexões tanto dentro quanto fora da geologia;
- Aos funcionários e demais professores do Instituto de Geociências da UFPA, em especial aos Professores Roberto Dall’Agnol, Jean Michel Lafon, Cláudio Lamarão, Roberto Vizeu, Candido Moura, Paulo Gorayeb, Fábio Domingos e as secretárias do PPGG (Cleida e Jô);
- Aos professores de graduação da UNIFESSPA, em especial aos seus orientadores de IC: José de Arimatéia, Francisco Ribeiro, Marivaldo Nascimento e Antônio Emídio.
- Aos membros do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG) do Instituto de Geociências da UFPA, pelo suporte técnico-científico e inúmeras discussões, que algumas vezes podem ter sido calorosas e importantes para estimular o raciocínio geológico.
- À Biblioteca Raimundo Montalvão do IG/UFPA pela orientação das normas de formatação do documento, com destaque para os bibliotecários Hélio Martins e Lúcia Imbiriba;
- Aos colegas do Serviço Geológico do Brasil, Felipe Grandjean e Patrick dos Santos, pelas valiosas reflexões sobre a evolução tectônica da Província Carajás (campo em 2019).
- À família, em especial aos pais e aos irmãos (Brendo, Juninho, Victor, Paulo, Maria Clara);
- Aos amigos que a geologia trouxe, em especial João Alberto pelas valorosas discussões sobre geocronologia e evolução crustal;
- Aos demais amigos, em especial Rômulo Antoniazzi, José Arimatéia, Silvio Sanches, Yuri Rafael, Terezinha Silva e Raphael Soares.

“Seria uma atitude ingênua esperar que as classes dominantes desenvolvessem uma forma de educação que proporcionasse às classes dominadas perceberem as injustiças sociais de maneira crítica.”

Paulo Freire

RESUMO

Dados isotópicos inéditos de U-Pb-Hf em zircão das principais unidades mesoarqueanas da área de Ourilândia do Norte, localizada na porção centro-oeste da Província Carajás, foram combinados a uma revisão dos principais aspectos geológico-estruturais, petrográficos e geoquímicos destas rochas, o que permitiu uma redefinição da estratigrafia local, bem como um aprofundamento sobre as naturezas das fontes, com base em modelagem geoquímica. Além disto, foi apresentado um quadro moderno das correlações tectonoestratigráficas e dos principais eventos que levaram à estabilização da província, bem como suas implicações para a origem da tectônica de placas. Os granitoides mesoarqueanos de Ourilândia são compostos por batólitos de sanukitoide (SNK) e biotita granito (BG), com subordinado tonalito-trondhjemitó-granodiorito (TTG). (1) Os TTG representam o evento mais antigo da área (2,92 Ga) e são compostos por xenólitos tonalíticos (Suíte Mogno) e por um *stock* de trondhjemitó porfírico (Suíte Rio Verde). Os xenólitos são deformados e o trondhjemitó apresenta pequenos enclaves máficos. O xenólito tonalítico forneceu $\epsilon_{\text{Hf}}(2,92 \text{ Ga}) = +2,0$ a $-0,2$ e foi formado por 16% de fusão a partir de um metabasalto enriquecido, enquanto o trondhjemitó apresentou valores de ϵ_{Hf} mais amplos [$\epsilon_{\text{Hf}}(2,92 \text{ Ga}) = +2,3$ a $-3,5$], sugerindo uma origem mais complexa envolvendo mistura entre *melt* tipo-TTG (70–80%) e um componente subcondrítico (20–30%), refletindo em seu maior tempo de residência crustal ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,2\text{--}3,5 \text{ Ga}$) em relação ao xenólito ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,2\text{--}3,3 \text{ Ga}$). (2) Os SNKs foram agrupados na Suíte Sanukitoide Ourilândia, que integra o Granodiorito Arraias (2,92 Ga) e o Complexo Tonalito-Granodiorito Ourilândia (2,88 Ga), que é composto por tonalitos e granodioritos, com subordinados quartzo monzodiorito, quartzo diorito e enclaves máficos. De modo geral, essas rochas mostram hornblenda, biotita e epidoto como principais fases máficas. O Granodiorito Arraias é a unidade SNK mais antiga da província e uma das mais antigas do mundo. Ele forneceu valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(2,92 \text{ Ga})$ variando de condrítico a subcondrítico (+1,9 a $-4,4$) e pode ser gerado por 29% de fusão do manto metassomatizado por 40% de *melt* tipo-TTG, em condições oxidantes, deixando um resíduo composto de ortopiroxênio, granada, clinopiroxênio e magnetita. Já o Complexo Ourilândia forneceu valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(2,88 \text{ Ga}) = +3,4$ a $-2,0$ e suas diferentes variedades de granitoides (incluindo o quartzo monzodiorito) foram formadas a partir de 18–33% de fusão do manto enriquecido por 20–40% de *melt* tipo-TTG, sob condições oxidantes, deixando um resíduo composto por ortopiroxênio, clinopiroxênio, granada, magnetita \pm olivina. Os enclaves máficos e o quartzo diorito mostram histórias petrogenéticas distintas e foram admitidos como produto de fusão parcial do manto metassomatizado por fluidos em menores pressões, fora da zona de

estabilidade da granada. (3) O monzogranito equigranular representa a unidade mais volumosa da área e foi correlacionado ao batólito Boa Sorte (Suíte Granítica Canaã dos Carajás). Seu magma parental pode ser formado por 18% de fusão a partir de um trondhjemitótipo-TTG (análogo àqueles da região de Água Azul do Norte) sob condições relativamente oxidantes, deixando um resíduo composto por plagioclásio, quartzo, biotita, magnetita e ilmenita. Os dados U-Pb permitiram distinguir quatro populações de zircão (3,04 Ga, 2,97 Ga, 2,93 Ga e 2,88 Ga). A população mais jovem foi interpretada como a idade de cristalização magmática (contemporânea ao Complexo Ourilândia) e forneceu valores subcondríticos de $\epsilon_{\text{Hf}(2,88 \text{ Ga})} = -0,8$ a $-4,1$ (o que confirma sua origem crustal). A população de 2,93 Ga foi interpretada como cristais herdados da fonte tipo-TTG e forneceu $\epsilon_{\text{Hf}(2,93 \text{ Ga})} \text{ condrítico} = +2,8$ a $-0,7$ ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,1\text{--}3,4 \text{ Ga}$), indicando um menor tempo de residência crustal em relação à população de 2,88 Ga ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,3\text{--}3,5 \text{ Ga}$). Já as populações com idades de 3,04 Ga e 2,97 Ga foram interpretadas como xenocristais com $\epsilon_{\text{Hf}(3,04 \text{ Ga})} = -1,7$ a $-2,2$ ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,5 \text{ Ga}$) e $\epsilon_{\text{Hf}(2,97 \text{ Ga})} = +1,4$ a $-5,7$ ($\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}} = 3,3\text{--}3,7 \text{ Ga}$), respectivamente. (4) O granodiorito porfirítico alto-Ti e o monzogranito heterogranular associado são intimamente relacionados ao Granito Boa Sorte e foram agrupados na Suíte Granodiorito-Granito Tucumã, que apresenta afinidade com os granitos Closepet (Cráton Dharwar, Índia) e Matok (Bloco Pietersburg, África do Sul). O granodiorito alto-Ti pode ser formado por fusão de 30% do manto enriquecido com 40% de *melt* tipo-TTG em condições oxidantes, deixando um resíduo composto por ortopiroxênio, olivina, plagioclásio, clinopiroxênio e magnetita, com a participação de um componente enriquecido em HFSE, como sedimentos, fluidos e/ou materiais da astenosfera. A petrogênese do monzogranito desta suíte envolveu mistura entre 40% de magmas derivados da crosta (Granito Boa Sorte) e 60% de magmas derivados do manto enriquecido (granodiorito alto-Ti). Um modelo tectônico de três estágios é admitido para explicar a origem e a assinatura isotópica dos granitoides estudados. Os valores de $\text{Hf-T}_{\text{DM}}^{\text{C}}$ variam entre 3,7–3,1 Ga, indicando extração de crosta a partir do manto no Paleoarqueano, que foi gerada em tectônica tipo domos-e-quilhas de longa duração (~600 Ma) e posteriormente reciclada de volta ao manto, permitindo seu enriquecimento por subducção de baixo ângulo no Mesoarqueano (2º estágio), onde os TTG (suítes Mogno e Rio Verde) e a primeira geração de SNK (Granodiorito Arraias) foram formados em 2,92 Ga. Então, uma colisão de curta duração (3º estágio) definida pelo pico de metamorfismo regional (2,89–2,84 Ga) e associada com espessamento crustal e *slab breakoff* permitiu a origem de grandes volumes de magmas derivados do manto e da crosta em ~2,88 Ga, com ascensão e colocação condicionada por zonas de cisalhamento.

Palavras-chave: granitoides; petrologia; transição tectônica; Arqueano; Província Carajás.