



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

TESE DE DOUTORADO Nº 135

**PETROLOGIA E EVOLUÇÃO CRUSTAL DA PORÇÃO
CENTRAL DO DOMÍNIO CANAÃ DOS CARAJÁS,
PROVÍNCIA CARAJÁS**

Tese apresentada por:

BHRENNO MARANGOANHA

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

**BELÉM
2018**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA-Belém-PA**

M311p Marangoanha, Bhrenno.
Petrologia e evolução crustal da porção central do Domínio Canaã dos Carajás, Província Carajás / Bhrenno Marangoanha. – 2018.
xxx, 193 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Davis Carvalho de Oliveira
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2018.

1. Granulitos - Carajás, Região de (PA). 2. Piroxênio - Carajás, Região de (PA). 3. Geologia estratigráfica - Arqueano. 4. Geocronologia. 5. Isótopos. I. Título.

CDD 22. ed. - 552.4098115

Elaborada por Hélio Braga Martins - CRB-2/698



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

**PETROLOGIA E EVOLUÇÃO CRUSTAL DA PORÇÃO
CENTRAL DO DOMÍNIO CANAÃ DOS CARAJÁS,
PROVÍNCIA CARAJÁS**

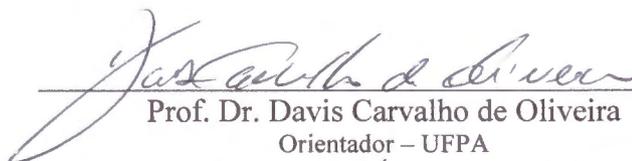
TESE APRESENTADA POR:

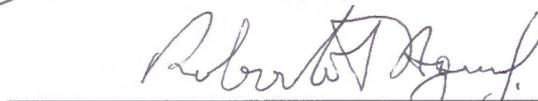
BHRENNO MARANGOANHA

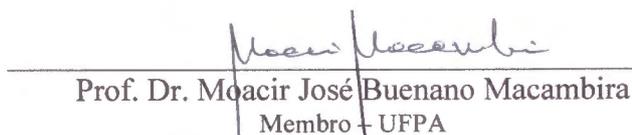
**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Doutor em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de Aprovação: 14/09/2018

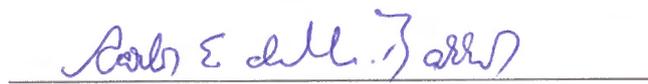
Banca Examinadora:


Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira
Orientador – UFPA


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


Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira
Membro – UFPA


Prof.ª Dra. Lena Virgínia Soares Monteiro
Membro – USP


Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mesquita Barros
Membro – UFPR

À minha família e amigos

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas e instituições:

Agradeço inicialmente à Universidade Federal do Pará (UFPA), juntamente com o Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pela infraestrutura e suporte financeiro necessários à realização deste trabalho.

Ao orientador prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira, pela oportunidade, apoio e incentivo durante esses anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo (Processo 163874/2014-0) e taxa de bancada.

Ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA; Processo 133/2008-0), e aos projetos de pesquisa Vale/FAPESPA (ICAAF n. 053/2011) e INCT/GEOCIAM (CNPq/FAPESPA/CAPES/PETROBRAS; Processo 573733/2008-2), pelo apoio financeiro durante a execução desta pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG) do Instituto de Geociências (IG-UFPA), em especial aos integrantes da sala 3, pelas conversas, companhia e auxílio durante esses anos.

Ao professor Marco Antonio Galarza, do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da UFPA, pelo suporte na aquisição dos dados de U-Pb LA-MC-ICP-MS e Sm-Nd, além da ajuda no tratamento dos dados de Lu-Hf referente aos granitoides híbridos de Vila União.

Ao Laboratório de Geocronologia de Alta Resolução da Universidade de São Paulo (GeoLab/USP), em especial ao corpo técnico Dr. Kei Sato e Dr. Artur Takashi Onoe, além da secretária Silvana Macedo, pelo grande auxílio prestado durante as etapas de aquisição de dados U-Pb SHRIMP.

Ao professor Cristiano Lana e à geóloga Ana Alkmim, do Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), pelo apoio na obtenção das análises de U-Pb LA-SF-ICP-MS e de Lu-Hf em zircão.

Ao professor Cláudio Nery Lamarão e à Gisele T. Marques, pelo suporte na aquisição das imagens BSE e CL de alta resolução dos cristais de zircão, no Laboratório de Microanálises do IG-UFPA.

Aos professores do PPGG, pelo conhecimento transmitido.

Aos funcionários da secretaria do programa de pós-graduação, pelo auxílio nas questões administrativas e pela atenção dispensada.

Aos demais funcionários do IG, pela dedicação e atenção.

Gostaria de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”

George Bernard Shaw

RESUMO

Mapeamento geológico realizado na porção central do Domínio Canaã dos Carajás, parte norte da Província Carajás, aliado a dados geoquímicos, geocronológicos (U-Pb) e isotópicos (Nd e Hf), permitiu a individualização de novas unidades anteriormente agrupadas no Complexo Xingu e na Suíte Plaquê, além da redefinição de limites de outras unidades. Com isso, foram identificados os seguintes eventos responsáveis pela atual configuração deste segmento de crosta: (1) no Mesoarqueano, entre 3,05 e 2,93 Ga, houve a formação de crosta TTG a partir de fusão parcial de platôs oceânicos (basalto enriquecidos) (previamente transformada em granada anfíbolito) em ambiente de subducção; (2) ainda no Mesoarqueano, entre 2,89 e 2,84 Ga, já em ambiente colisional, é registrado grande retrabalhamento crustal e consequente formação de granitos anatóticos, os quais foram responsáveis pelo espessamento crustal nessa região. Isto induziu o metamorfismo regional de alta temperatura, de fácies granulito da crosta TTG, formando os ortogranulitos félsicos da área de Ouro Verde; e (3) já no Neoarqueano, entre 2,75 e 2,73 Ga, esse segmento de crosta sofreu processo de delaminação, provocado pelo “descolamento” da base da crosta, que induziu underplating máfico, promovendo a geração de magmas enderbíticos pela fusão parcial da crosta inferior (granulito máfico mesoarqueano). Esse evento também promoveu a fusão do manto superior, que gerou o magma precursor do Diopsídio-Norito Pium. A colocação desse magma máfico no embasamento mesoarqueano, de composição granulítica félsica, induziu sua fusão, gerando líquidos leucogranítico. Ambos os líquidos, de origem mantélica e crustal, sofreram processos de mistura e mingling, que originaram os granitoides híbridos de Vila União. A colocação de seus magmas máfico, além daquele formador dos enderbíticos, foi facilitada por estruturas pré-existentes de orientação E-W, formadas no Mesoarqueano, atribuídas ao desenvolvimento do Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas. A geração e a consolidação dos magmas neoarqueanos ocorreram sob regime tectônico transpressional dominado por cisalhamento puro, atribuindo uma natureza sin-tectônica a essas rochas. Esse regime tectônico foi o responsável pela exumação da crosta granulítica mesoarqueana da área de Ouro Verde por sistemas imbricados. Dados isotópicos de Lu-Hf dos núcleos magmáticos dos cristais de zircão dos ortogranulitos félsicos mesoarqueanos mostram valores Hf- T_{DM2} entre 3,44 e 3,15 Ga, e $\epsilon_{Hf}(t)$ variando de -1,7 a 3,0, e sugere fonte juvenil para seu protólito. Os enderbíticos neoarqueanos apresentam valores de Hf- T_{DM2} entre 3,46 e 3,29 Ga, e $\epsilon_{Hf}(t)$ entre -4,8 e -1,9, que indica a participação de uma fonte com maior tempo de residência crustal. O comportamento isotópico de Hf dos granitoides neoarqueanos híbridos de Vila União [Hf-

T_{DM2} entre 3,46 e 3,29 Ga, e $\epsilon Hf(t)$ entre -4,6 e -1,8] é bastante semelhante ao dos enderbitos, sendo esses dados interpretados como representante somente do membro félsico (leucogranito) da mistura. Tal afirmação é corroborada pelos dados isotópicos de Nd, que confirmam a evolução desses granitoides híbridos pela mistura em diferentes proporções de componentes juvenis (membro máfico – magma do Diopsídio-Norito Pium) com componentes reciclados (membro félsico – magma leucogranítico).

Palavras-chave: Granulito. Enderbitito. Mesoarqueano. Neoarqueano. Geocronologia. Isótopos. Carajás.

ABSTRACT

Geological mapping allied to microstructural, petrological, geochemical, geochronological (Pb-Pb and U-Pb) and isotopic (Nd and Hf) data performed in the central portion of the Canaã dos Carajás domain, Carajás province (Amazonian craton, Brazil) allowed the individualization of new geological units previously grouped into Xingu complex and Plaquê suite, besides the redefinition of the limits from the other units already mapped as well. Therefore, four main events have been described in this portion of the province as follows: (1) in the Mesoarchean, between 3.0 and 2.93 Ga, TTG crust was generated in an N–S subduction setting by partial melting of LILE-enriched basalts (formerly transformed in garnet amphibolite), similar to oceanic plateau basalts; (2) at 2.89–2.84 Ga, in collisional setting, large volume of anatectic granites was formed and contributed to crustal thickening, which triggered granulite-facies high-temperature metamorphism in the TTG crust, forming the felsic granulite from Ouro Verde area; and (3) in the Neoarchean, between 2.75 and 2.73 Ga, this portion of the crust underwent delamination process (detachment from the weak lower crust), promoting generation of enderbitic melt by partial melting of the lower crust (Mesoarchean mafic granulite). This event also promoted partial melting of the upper crust, which generated the Pium diopside-norite magma. The emplacement of this mafic melt into the Mesoarchean basement (felsic granulite) triggered their melting, and generates a leucogranitic melt, which both melts (mafic and felsic) mixed and mingled, then forming the Vila União hybrid granitoids. The emplacement of the mafic (Pium diopside-norite), felsic magmas (leucogranites), and their mixed products (Vila União hybrid granitoids), as well as the enderbitic magmas, was channeled into pre-existing Mesoarchean shear zones trending E–W in the crust (Itacaiúnas shear zone). The generation and consolidation of the Neoarchean magmas occurred in pure shear-dominated transpressional tectonic regime, giving rise to the syn-tectonic nature on these granitoids. This tectonic regime was responsible to the exhumation of the Mesoarchean granulitic crust in a regional imbricated system. Lu- Lu-Hf isotope data of magmatic cores of the zircons from the Mesoarchean felsic granulites from Ouro Verde area show Hf- T_{DM2} of 3.44–3.15 Ga and $\epsilon_{Hf}(t)$ values between -1.7 and 3.0, which suggests juvenile source. The Neoarchean enderbite presents Hf- T_{DM2} of 3.46–3.29 Ga and lower $\epsilon_{Hf}(t)$ values (between -4.8 and -1.9), and points to a longer crustal residence time to the enderbitic rocks. Hf-isotopic behavior for the Vila União granitoids [Hf- T_{DM2} between 3.46 and 3.29 Ga, and $\epsilon_{Hf}(t)$ between -4.6 and -1.8] is quite similar to the enderbites, which the hybrid granitoids Hf-isotopic data are interpreted as being only the felsic end-member

(leucogranitic magma) from the mixing system. Such statement is supported by the Nd-isotopic data, which confirm the hybrid Neoproterozoic granitoids evolution from mixing at different proportions of juvenile (mafic end-member – Pium diopside-norite magma) and recycled components (felsic end-member – leucogranitic magma).

Keywords: Granulite. Enderbite. Mesoarchean. Neoproterozoic. Geochronology. Isotopes. Carajás.



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

PARECER

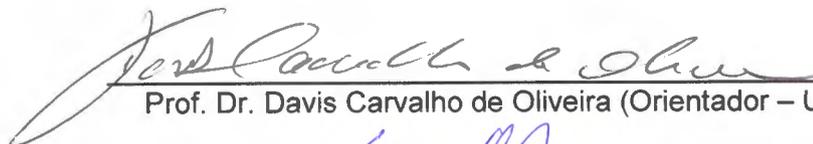
Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de BHRENNO MARAGOANHA

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **BHRENNO MARAGOANHA** orientando do Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira (UFPA), composta pelos professores doutores Lena Virginia Soares Monteiro (USP), Carlos Eduardo de Mesquita Barros (UFPR), Roberto Dall'Agnol (UFPA) e Moacir José Buenano Macambira (UFPA), após apresentação da sua tese intitulada "**PETROLOGIA E EVOLUÇÃO CRUSTAL DA PORÇÃO CENTRAL DO DOMÍNIO CANAÃ DOS CARAJÁS, PROVÍNCIA CARAJÁS**", emite o seguinte parecer:

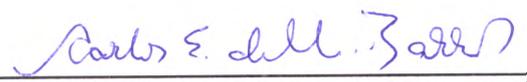
O candidato realizou sua apresentação de forma clara, bem organizada e segura. Na arguição mostrou domínio da temática abordada e respondeu às perguntas formuladas pela banca. O trabalho escrito foi apresentado na forma de artigos, inclui um volume expressivo de dados e representa uma contribuição relevante para o conhecimento geológico da Província Carajás.

Finalmente, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

Belém, 14 de setembro de 2018.


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


Prof.ª Dr.ª Lena Virginia Soares Monteiro (USP)


Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mesquita Barros (UFPR)


Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol (UFPA)


Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira (UFPA)