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

TEDE DE DOUTORADO

GEOLOGIA, GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGIA E PETROGÊNESE DAS SUÍTES TTG E DOS LEUCOGRANITOS ARQUEANOS DO TERRENO GRANITO-GREENSTONE DE RIO MARIA, SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO

Tese apresentada por:

JOSÉ DE ARIMATÉIA COSTA DE ALMEIDA

BELÉM
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

A447g Almeida, José de Arimatéia Costa de

Geologia, geoquímica, geocronologia e petrogênese das suítes TTG e dos leucogranitos arqueanos do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico. / José de Arimatéia Costa de Almeida; Orientador: Roberto Dall'Agnol – 2010

xiii, 208 f. : il.

Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

1. Cráton Amazônico. 2. Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria. 3. Mesoarqueano. 4. Suítes TTG. 5. Suítes de leucogranitos. I. Universidade Federal do Pará. II. Dall'Agnol, Roberto, *orient*. III. Título.

CDD 20ª ed.: 558.115

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

GEOLOGIA, GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGIA E PETROGÊNESE DAS SUÍTES TTG E DOS LEUCOGRANITOS ARQUEANOS DO TERRENO GRANITO-*GREENSTONE* DE RIO MARIA, SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO

TESE APRESENTADA POR
JOSÉ DE ARIMATÉIA COSTA DE ALMEIDA

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

Data de Aprovação: **23/03/2010**

Comitê de Tese:

ROBERTO DALL'AGNOL (Orientador)

JAANA HALLA

LÚCIA TRAVASSOS DA ROSA COSTA

MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA

REINHARDT ADOLFO FUCK

Belém
2010

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
JOSÉ DE ARIMATÉIA COSTA DE ALMEIDA

A banca examinadora da tese de doutorado de JOSÉ DE ARIMATÉIA COSTA DE ALMEIDA intitulada "GEOLOGIA, GEOQUÍMICA, GEOCRONOLOGIA E PETROGÊNESE DAS SUÍTES TTG E DOS LEUCOGRANITOS ARQUEANOS DO TERRENO GRANITO-GREENSTONE DE RIO MARIA SUDESTE DO CRÁTON AMAZÔNICO", composta pelos Doutores Roberto Dall´Agnol (Orientador-UFPA), Jaana Halla (Geological Museum, Finnish Museum of Natural History), Lúcia Travassos da Rosa Costa (CPRM-PA), Reinhardt Adolfo Fuck (UnB), Moacir José Buenano Macambira (UFPA). Após a apresentação oral e arguição do candidato, emite o seguinte parecer: O candidato apresentou contribuição relevante ao conhecimento dos terrenos arqueanos da região de Rio Maria, Pará, no que se refere aos aspectos geológicos, geoquímicos, petrológicos e geocronológicos das associações de tonalitos, trondhjemitos e granodioritos (TTG), bem como aos granitos neles intrusivos. A tese, apresentada sob a forma de três artigos submetidos a periódicos internacionais, é de alto nível, bem redigida e ilustrada. A apresentação oral foi clara, bem estruturada e de conteúdo relevante. Na argüição o candidato defendeu sua tese e as hipóteses nela formuladas, respondendo com clareza as perguntas que lhe foram dirigidas.

Com base no exposto, a banca examinadora decidiu por aprovar a tese de doutorado.

Belém, 23 de março de 2010

Dr. Roberto Dall´Agnol (Orientador-UFPA)

Dra. Jaana Halla (Geological Museum, Finnish Museum of Natural History)

Dra. Lúcia Travassos da Rosa Costa (CPRM-PA)

Dr. Reinhardt Adolfo Fuck (UnB)

Dr. Moacir José Buenano Macambira (UFPA)

RESUMO

As suítes tonalíticas-trondhjemíticas-granodioríticas (TTG) são os principais granitóides arqueanos, porém os corpos de leucogranitos calcico-alcalinos também possuem distribuição expressiva no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria (TGGRM), sudeste do Cráton Amazônico. Mapeamento geológico em áreas chaves e estudos petrográficos e geoquímicos, aliados ao refinamento dos dados geocronológicos utilizando os métodos de datação Pb-Pb por evaporação e U-Pb por LA-ICP-MS em zircão, permitiram concluir que o TGGRM foi palco de, pelo menos, três eventos formadores de TTG durante o Mesoarqueano. O primeiro evento exibe idade de 2,96±0,2 Ga e nele deu-se a geração do Trondhjemito Mogno e das rochas mais antigas do Tonalito Arco Verde. No segundo evento, ocorrido em 2,93±0,1 Ga, deu-se a formação do Complexo Tonalítico Caracol, do Tonalito Mariazinha e das rochas mais jovens do Tonalito Arco Verde. O último evento apresenta idade de 2,86±0,1 Ga e nele foi gerado o Trondhjemito Água Fria, de distribuição areal muito restrita. Comprovou-se que a idade do Trondhjemito Mogno é significativamente maior do que a anteriormente admitida, reduzindo a importância do magmatismo TTG de idade próxima de 2,87 Ga no TGGRM. Além disso, uma nova unidade TTG, denominada Tonalito Mariazinha, foi definida no mesmo e constatou-se que as rochas formadoras do Tonalito Arco Verde exibem idades variáveis no intervalo de 2,98 a 2,93 Ga.

Três grupos de TTGs foram identificados no TGGRM: 1) grupo com alta razão La/Yb, apresentando altas razões Sr/Y e Nb/Ta, originado a partir da fusão de uma fonte de composição máfica, em condições de pressão relativamente elevada (≥1,5 GPa), deixando granada e anfibólio no resíduo; 2) grupo com valor moderado da razão La/Yb, derivado de magmas gerados em condições intermediárias de pressão (~1,0-1,5 GPa), porém ainda no campo de estabilidade da granada; 3) grupo com baixa razão La/Yb, e também baixas razões Sr/Y e Nb/Ta, gerado a partir de magma formado em pressões comparativamente menores (≤1,0 GPa), proveniente da fusão parcial de fonte anfibolítica, tendo plagioclásio como fase residual. Não há nenhuma correspondência temporal entre os diferentes grupos e os três períodos de formação de magmas TTG em Rio Maria. Da mesma forma, não se observa relação direta entre estes grupos e as diferentes unidades, podendo algumas delas, como, por exemplo, o Tonalito Arco Verde, englobar granitóides com alta, intermediária e baixa razão La/Yb.

Os dados geocronológicos demonstram que o magmatismo granítico *stricto sensu* arqueano (2,87- 2,86 Ga) registrado no TGGRM, sucedeu o principal evento de geração de TTGs (2,98- 2,92 Ga), sendo contemporâneo ou ligeiramente posterior à colocação da suíte sanukitoíde Rio Maria (~2,87 Ga). Com base em dados petrográficos e geoquímicos, foram distinguidas três suítes de leucogranitos arqueanos: a) leucogranitos potássicos (granitos Xinguara e Mata Surrão), compostos dominantemente por biotita-monzogranitos com alto conteúdo de SiO_2, K_2O e Rb, mostrando enriquecimento em elementos terras raras leves em relação aos pesados e moderada a pronunciada anomalia de Európio. Esses granitos são similares aos granitos baixo-CaO do Cráton Yilgarn e aos granitos calcico-alcalinos CA2, assumindo-se que seus magmas foram produzidos a partir da fusão parcial de TTGs; b) Anfibólio-biotita monzogranitos, representados pelo Granito Rancho de Deus, cuja gênese deveu-se à diferenciação por cristalização fracionada de magmas sanukitóides afins aos da suíte Rio Maria, com a qual se associa; c) grupo de leucogranodioritos e leucomonzogranitos enriquecidos em Ba e Sr com fracionamento de elementos terras raras pesados em relação aos leves e geralmente desprovidos de anomalia significativa de Eu. Essas rochas mostram notáveis similaridades geoquímicas com os granitos alto-CaO (TTGs transicionais) do Cráton Yilgarn e com os granitos calcico-alcalinos CA1. Propõe-se um modelo envolvendo mistura em diferentes proporções de magmas graníticos similares às amostras mais enriquecidas em Ba e Sr da Suíte Guarantã com magmas trondhjemíticos para explicar a gênese e a variação composicional das suítes de leucogranitos enriquecidos em Ba e Sr. Os líquidos graníticos que participaram da mistura foram derivados da cristalização de 35% de magma sanukitóide de composição granodiorítica (rocha dominante na Suíte Rio Maria) pelo fracionamento de plagioclásio (46,72%), hornblenda (39,05%), clinopiroxênio (10,36%), magnetita (3,12%), ilmenita (0,70%) e allanita (0,06%).

Para explicar a evolução tectônica do TGGRM, propõe-se um modelo envolvendo a subducção de uma placa oceânica sob um platô oceânico espesso. Neste contexto, o grupo de TTGs com baixa razão La/Yb teria sido derivado de magmas originados pela fusão de metabasaltos da base do platô, em condições relativamente mais baixas de pressão, ao passo que os grupos com razões La/Yb alta e moderada, seriam gerados a partir da fusão parcial de metabasaltos da crosta oceânica subductada, em condições de pressão mais elevada. Parte dos magmas TTG gerados a partir da fusão da placa oceânica subductada teria reagido com a cunha

do manto durante sua ascensão e foi totalmente consumida, levando ao metassomatismo do manto.

Por volta de 2,87 Ga, ou seja, 50 milhões de anos após a formação da crosta tonalítica-trondhjemítica de Rio Maria, manifestações termais, possivelmente relacionadas a processo de *slab-break-off* ou à ação de plumas mantélicas, induziram a fusão do manto metassomatizado e levaram à geração de magmas sanukitóides. A ascensão desses magmas aqueceu a crosta de Rio Maria e possivelmente induziu a fusão de metabasaltos localizados na base da crosta, originando o magma parental do Trondhjemito Água Fria. A fusão da crosta tonalitíca-trondhjemítica, em mais baixa profundidade, fora do campo de estabilidade da granada, teria gerado os magmas dos leucogranitos potássicos.

Palavras chaves: Cratón Amazônico, Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, Mesoarqueano, suítes TTG, suítes de leucogranitos.

ABSTRACT

TTG and granite suites are exposed in large domains of the Mesoarchean Rio Maria granite-greenstone terrane (RMGGT), southeastern Amazonian craton. Extensive field work in key areas of the RMGGT, integrated with petrographic, geochemical, and geochronological studies, the latter employing the Pb-Pb evaporation and U-Pb LA-ICP-MS on zircon techniques, indicates that the TTG magmatism record in the RMGGT can be divided into three episodes: (I) A first event at 2.96±0.2 Ga (the older rocks of the Arco Verde tonalite and the Mogno trondhjemite), (II) a second one at 2.93±0.1 Ga (Caracol tonalitic complex, Mariazinha tonalite, and the younger rocks of the Arco Verde tonalite), and (III) a restricted event at 2.86±0.1 Ga (Agua Fria trondhjemite). The new data demonstrate that the Mogno trondhjemite is significantly older than previously admitted, reveal the existence of a new TTG suite (Mariazinha tonalite) and indicate that the volume of TTG suites formed during the 2.87 event was limited. The Arco Verde tonalite yielded significant age variations (2.98 to 2.93 Ga) but domains with different ages could not be individualized so far. The tonalitic-trondhjemitic suites of the RMGGT derived from sources geochemically similar to the metabasalts of the Andorinhas supergroup, which were extracted from the mantle during the Mesoarchean (3.0 to 2.9 Ga) and had a short time of crustal residence.

Three groups of TTG granitoids were distinguished in Rio Maria: 1) high-La/Yb group, with high Sr/Y and Nb/Ta ratios, derived from magmas generated at relatively high pressures (≥1.5 GPa) from sources leaving garnet and amphibole as residual phases; 2) medium-La/Yb group which magmas formed at intermediate pressure conditions (~1.0-1.5 GPa), but still in the garnet stability field; and 3) low-La/Yb group, with low Sr/Y and Nb/Ta ratios, crystallized from magmas generated at lower pressures (≤1.0 GPa), from an amphibolitic source that left plagioclase as a residual phase. These three geochemical groups do not have a direct correspondence with the three episodes of TTGs generation and a same TTG unit can be composed of rocks of different groups.

The geochronological data indicate that the emplacement of the Archean granites of the RMGGT occurred during Mesoarchean (2.87 and 2.86 Ga) being coeval with the sanukitoid suite (~ 2.87 Ga) and post-dating the main timing of TTG suites formation (2.98 - 2.92 Ga). Three main types of Archean granites were distinguished in the RMGGT on the basis of petrographic and geochemical data: (1) Potassic leucogranites (Xinguara and Mata Surrão granites), that are

composed dominantly of biotite-monzogranites with high SiO_2, K_2O, and Rb contents and fractionated REE patterns with moderate to pronounced negative Eu anomalies. These granites are similar to the low-Ca granites of the Yilgarn craton and to the CA2 Archean granites. Their magmas resulted from the partial melting of sources similar to the older TTG suites of the RMGGT; (2) Amphibole-biotite monzogranites (Rancho de Deus granite) generated by fractional crystallization and differentiation of sanukitoid magmas; (3) leucogranodiorite-granite suites (Guarantã suite and Grotão granodiorite), which are Ba- and Sr-rich rocks with strongly fractionated REE patterns without significant Eu anomalies. These granites have affinity with the high-Ca granites of the Yilgarn craton and the CA1-type Archean granites. On the basis of modeling and geochemical data we suggest that the leucogranodiorite-granite suites were derived from mixing between a granite, similar to the Ba- and Sr-enriched samples of the Guarantã suite, and trondhjemitic liquids. The granite magmas participating in the mixture were originated by fractional cystallization of 35% of a sanukitoid magma of granodioritic composition. The fractionated mineral phases were: plagioclase (46.72%), hornblende (39.05%), clinopyroxene (10.36%), magnetite (3.12%), ilmenite (0.7%) and allanite (0.06%). The large compositional variations observed in the Guarantã suite can be apparently explained by mixing in different proportions between the granite and trondhjemitic liquids.

A model involving a subducting slab underneath a thick oceanic plateau was envisaged to explain the tectonic evolution of the RMGGT. In this context, the low-La/Yb group was formed from magmas originated by the melting of the base of a thickened basaltic oceanic crust at comparatively lower pressures ($\leq$ 1.0 GPa), whereas the medium- and high-La/Yb groups were derived from the slab melting at increasing different pressures (1.0-1.5 and > 1.5 GPa, respectively). Part of these TTG magmas react during their ascent with the mantle wedge being totally consumed and leaving a metassomatized mantle. 50 m. y. later, at ca. 2870 Ma, thermal events, possibly related to the slab-break-off, causing asthenosphere mantle upwelling, or to the action of a mantle plume, may have induced the melting of the metassomatized mantle and the generation of sanukitoid magmas. These magmas may have heated the base of the Archean continental crust during their rising to the surface and could have lead to the local melting of the basaltic crust forming the Água Fria trondhjemite magma. This was accompanied by partial melting (at shallower crustal levels) of the Rio Maria tonalitic-thondhjemitic crust and generation of the potassic leucogranite.

Keywords: Amazonian craton, Rio Maria granite-greenstone terrane, Mesoarchean, TTG suites, granite suites.