



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 415

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA
ASSOCIAÇÃO TONALITO-TRONDHJEMITO-
GRANODIORITO (TTG) DO EXTREMO LESTE DO
SUBDOMÍNIO DE TRANSIÇÃO, PROVÍNCIA CARAJÁS**

Dissertação apresentada por:

PATRICK ARAUJO DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol (UFPA)

**BELÉM
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

S237g Santos, Patrick Araujo dos

Geologia, petrografia e geoquímica da associação tonalito-trondhjemitó-granodiorito (TTG) do extremo leste do Subdomínio de transição, Província Carajás / Patrick Araujo dos Santos; Orientador: Roberto Dall'Agnol – 2013
xviii, 111 f.: il.

Dissertação (Mestrado em geoquímica e petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2013.

1. Geologia - Pará. 2. Petrografia. 3. Geoquímica. 4. Associação TTG. 5. Província Carajás (PA). I. Dall'Agnol, Roberto, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22ª ed.: 558.115



Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA
ASSOCIAÇÃO TONALITO-TRONDHJEMITO-
GRANODIORITO (TTG) DO EXTREMO LESTE DO
SUBDOMÍNIO DE TRANSIÇÃO, PROVÍNCIA CARAJÁS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

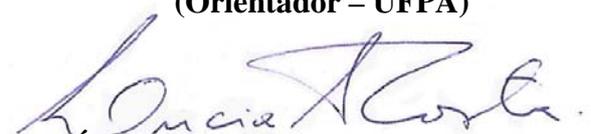
PATRICK ARAUJO DOS SANTOS

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

Data da Aprovação: 31 / 07 / 2013

Banca Examinadora:


Prof. ROBERTO DALL'AGNOL
(Orientador – UFPA)


Dr.^a LÚCIA TRAVASSOS DA ROSA-COSTA
(Membro – CPRM)


Dr. HILTON TÚLIO COSTI
(Membro – MPEG)

*aos meus pais: Jaime Amaral dos Santos
e Rossicléa Araujo dos Santos.*

AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros e profundos agradecimentos às pessoas e entidades que direta ou indiretamente prestaram sua contribuição para que este trabalho fosse concluído com êxito, em especial:

- À Universidade Federal do Pará (UFPA), através do Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, pelo fornecimento de infra-estrutura necessária à realização deste trabalho.

- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

- Ao INCT/Geociam (Processo N°573733/2008-2) pelo apoio financeiro.

- Ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG), do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, pelo suporte técnico-científico indispensável ao desenvolvimento deste trabalho.

- Ao prof. Roberto Dall'Agnol, por sua orientação, confiança, paciência, motivação e amizade demonstrados ao longo deste trabalho.

- Aos professores Hilton Tulio Costi, Davis Carvalho de Oliveira e Fernando Jacques Althoff, pela imensa ajuda e troca de informações nas discussões referentes ao tema da pesquisa. Ao professor Claudio Nery Lamarão e Ana Paula pelo apoio nos estudos de microscopia eletrônica de varredura.

- Aos meus avaliadores, Hilton Tulio Costi (MPEG) e Lúcia Travassos da Rosa-Costa (CPRM), pelas críticas e sugestões a fim de enriquecer este trabalho.

- Aos colegas do GPPG (Max, PH, Macris, Adriel, Ingrid, Ana Claudia, Alice, Mayara, Fabriciana e os demais) pelo companheirismo, críticas e sugestões, além de me proporcionarem um agradável ambiente de trabalho.

- À doutoranda Fabriciana Vieira Guimarães,

- Aos amigos da família Geologia, pela fiel amizade estabelecida ao longo da minha formação acadêmica (Eduardo Souza, Diodo Côrrea, João Marinho, Livio, Jeremias Feitosa, Kamila Borges, Ana Flávia Brittes, Débora Faria, Pablo Leite e os demais).

- Aos geólogos Jeremias Feitosa e Mayara Teixeira, pelas valiosas discussões, incentivo e companheirismo.

- À família Araujo dos Santos, pelo imenso apoio e incentivo para a realização deste sonho. Agradeço ainda a compreensão pelos momentos que estive ausente.

- À Hellen Vivianne Lima de Barros (minha noiva), por todo o carinho, apoio, força, incentivo, paciência e amizade.

- À Sr^a Rossi Araujo (minha mãe). Uma grande mulher, que me proporcionou educação de base e sabedoria. Sempre me deu amor, carinho e coragem para que eu pudesse enfrentar as dificuldades, conquistar meus objetivos e construir os meus próprios caminhos.

*“A base de toda conquista é o professor.
A fonte da sabedoria, um bom professor.
Em cada descoberta, cada invenção.
Todo bom começo tem um bom professor.*

*No trilho de uma ferrovia, um bom professor.
No bisturi da cirurgia, um bom professor.
No tijolo da olaria, no arranque do motor.
Tudo que se cria tem um bom professor.*

*No sonho que se realiza, um bom professor.
Cada nova ideia tem um professor.
O que se aprende e o que se ensina, um professor.
Uma lição de vida, uma lição de amor.*

*Na nota de uma partitura.
No projeto de arquitetura.
Em toda teoria.
Em tudo que se inicia.
Todo bom começo tem um bom professor.”*

Movimento “Todos Pela Educação” – Ministério da Educação (MEC).
Produzida pela DM9DDB, agência do grupo ABC.

RESUMO

Os estudos geológicos realizados no extremo leste do Subdomínio de Transição da Província Carajás demonstraram que a área estudada é composta predominantemente por associações tonalito-trondhjemito-granodiorito (TTG). De modo subordinado, ocorrem rochas monzograníticas deformadas, associadas aos granitos tipo Planalto, e gabros correlacionados ao Complexo Pium. Granitos isotrópicos e diversos diques máficos desprovidos de deformação expressiva seccionam os litotipos arqueanos mapeados. A associação TTG aflora na forma de blocos ou lajedos, geralmente em áreas de relevo arrasado. São rochas de cor cinza e granulação média, mostrando bandamento composicional ou, por vezes, aspecto homogêneo, frequentemente englobando enclaves quartzo-dioríticos. Apresentam-se intensamente deformadas, com foliação dominante segundo E-W e mergulhos fortemente inclinados a subverticais. Localmente apresentam estruturas NE-SW, transpostas por cisalhamentos E-W. Em algumas ocorrências, exibem feições miloníticas a protomiloníticas, registradas nas formas ovaladas dos porfiroblastos de plagioclásio ou de veios leucograníticos boudinados. São reconhecidas duas variedades petrográficas para esta associação: Biotita-trondhjemito e, subordinados, biotita-granodioritos, ambos com conteúdos modais variáveis de muscovita e epidoto. Essas variedades possuem aspectos texturais similares e mostram trama ígnea pouco preservada, mascarada por intensa recristalização, acompanhada do desenvolvimento de foliação milonítica incipiente a marcante.

Análises por EDS efetuadas em microscópio eletrônico de varredura revelaram que o plagioclásio possui composição de oligoclásio cálcico (An_{27-19}), com teores de Or variando de 0,6 a 2,3%. As biotitas são ferromagnesianas, com ligeira dominância de Fe sobre Mg ($Fe/[Fe+Mg]$ variando de 0,54 a 0,59) e os epidotos analisados apresentam teores de pistacita que variam de 23 a 27,6%, situados em sua maioria no intervalo de epidotos magmáticos.

Estudos litogeoquímicos identificaram duas composições distintas: uma de afinidade trondhjemítica (dominante) e outra granodiorítica e cálcico-alcalina. A primeira apresenta características típicas das suítes TTG arqueanas. A última apresenta enriquecimento em LILE, especificamente K_2O , Rb e Ba, quando comparada com os trondhjemitos dominantes, mas ainda preserva alguns aspectos afins das associações TTG arqueanas. Diferentes mecanismos são propostos para explicar a origem e evolução desses dois litotipos. Os dados geoquímicos são inconsistentes com as hipóteses de diferenciação desses dois grupos de rochas por meio de processos de cristalização fracionada a partir de magma tonalítico/trondhjemítico ou derivação dos granodioritos por anatexia das rochas TTG dominantes. Os tonalitos e trondhjemitos exibem afinidade com os grupos de TTG de alta razão La/Yb e Sr/Y da Província Carajás, sugerindo que foram derivados de fontes à base de granada anfíbolitos em

altas pressões (ca. 1,5 GPa), ou no mínimo apresentam uma evolução magmática controlada pelo fracionamento de granada, fato normalmente admitido para os TTG arqueanos. O estudo comparativo apontou maiores similaridades entre os TTG estudados e o Tonalito Mariazinha e o Trondhjemitó Mogno, do Domínio Rio Maria, e com o Trondhjemitó Colorado e, em menor grau, Trondhjemitó Rio Verde, do Domínio Carajás. As características geoquímicas particulares das rochas granodioríticas podem ser devidas à contaminação de magmas ou rochas TTG a partir de metassomatismo litosférico ou à assimilação de sedimentos oriundos da crosta oceânica em subducção durante a gênese do líquido trondhjemitó. Em ambas as hipóteses, haveria a preservação de parte das características de associações TTG. As associações arqueanas identificadas neste trabalho implicam existência expressiva de rochas TTG no Subdomínio de Transição. Esse fato tende a fortalecer a hipótese de que o Subdomínio de Transição representa uma extensão do Domínio Rio Maria, mas afetado por eventos de retrabalhamento crustal durante o Neoarqueano.

Na porção leste da área ocorrem pequenos corpos monzograníticos alongados segundo E-W, claramente condicionados por cisalhamentos. Suas rochas apresentam texturas miloníticas, caracterizadas por porfiroclastos de feldspatos com formas amendoadas, contornados principalmente por micas e quartzo recristalizados. Apresentam assinaturas geoquímicas de granitos tipo-A reduzidos e são similares aos granitos da Suíte Planalto, da área de Canaã dos Carajás.

Rochas máficas afloram restritamente na porção centro-norte da área na forma de blocos. São rochas com textura predominantemente granoblástica, com arranjos em mosaico, constituídas basicamente por anfibólio e plagioclásio, com quartzo e biotita subordinados.

Na porção norte da área mapeada foi identificado um corpo de granito isotrópico, sem deformação expressiva, com texturas rapakivi localizadas. Apresenta relevo de colinas suaves, com padrão morfológico distinto dos granitóides arqueanos. Este corpo granítico foi correlacionado aos granitos tipo-A paleoproterozoicos, representados no Domínio Carajás pela Suíte Serra dos Carajás e pelo Granito Rio Branco. Esses granitos não são objeto desta pesquisa e, portanto, não foram estudados em maior detalhe.

Palavras chave: Trondhjemitó, Granodiorito, TTG, Arqueano, Subdomínio de Transição

ABSTRACT

The eastern border of the Transition Subdomain of the Carajás Province is constituted dominantly of Archean tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG). Deformed monzogranites, similar to the Planalto granite suite, and metagabbros correlated to the Pium Complex also occur. Paleoproterozoic isotropic granites and mafic dykes devoid of significant deformation crosscut the Archean lithologies. The TTGs are exposed as blocks or as flat outcrops in areas of low relief and commonly include quartz-diorite enclaves. The TTG rocks display gray colour and are generally medium-grained, showing compositional banding or, sometimes, homogeneous aspect. They show commonly a NW-SW to E-W trending foliation with vertical to subvertical dips and were submitted to NE-SW stress. Locally, it was identified a NE-SW foliation transposed to E-W along shear zones. In some instances, they exhibit mylonitic to protomylonitic features, registered in the oval form of plagioclase porphyroclasts or boudinated leucogranitic veins. Two petrographic varieties are recognized for this association: biotite-trondhjemite and subordinate biotite-granodiorites, both have similar mineralogical and textural aspects and are characterized by a poorly preserved igneous texture, partially overwritten by an intense recrystallization.

EDS analyses revealed that the plagioclase is a calcic oligoclase (An_{27-19}), with Or ranging from 0.6 - 2.3%. The biotites are ferromagnesian, with dominance of Fe over Mg ($Fe / [Fe + Mg]$ ranging from 0.54 to 0.59) and the analyzed epidote presents pistacite contents ranging from 23 to 27.6 % and plot mostly in the range of magmatic epidotes.

The trondhjemite shows all typical characteristics of Archean TTG suites. They have high La/Yb and Sr/Y ratios, suggesting they were derived from the partial melting of garnet amphibolite sources at high pressures (ca. 1.5 GPa) or, at least, that their magmatic evolution was controlled by the fractionation of garnet and possibly amphibole, without significant influence of plagioclase. The studied TTGs show similarities with Mariazinha tonalite and Mogno trondhjemite, of the Rio Maria Domain, Colorado trondhjemite and, in at a lesser degree, to the Rio Verde trondhjemite, of the Carajás Domain.

The granodiorites display a calc-alkaline signature and shows LILE enrichment, specifically K_2O , Rb and Ba, when compared to the trondhjemites, but still preserving some geochemical features of the TTG. The geochemical data indicate that the trondhjemite and granodiorite are not related by fractional crystallization. An origin of the granodiorite by partial melting of the TTG rocks is also discarded. The granodiorite could, however, result of contamination of TTG magmas by lithosphere metasomatism or assimilation of sediments from subducted oceanic crust along trondhjemite liquid genesis.

In the eastern portion of the mapped area, it was identified a small, E-W trending granite stock clearly controlled by shear zones. The rocks have mylonitic textures, characterized by ovoid-shaped feldspar porphyroclasts, wrapped by recrystallized quartz and mica. These granitic rocks have geochemical signatures of reduced A-type granites and are similar to the Planalto granite suite.

Boulders of mafic rocks crop out locally in the northern portion of the area. These rocks show a dominant granoblastic texture, and are mainly composed of amphibole and plagioclase, with subordinate biotite and quartz.

In the northern part of the mapped area, it was identified a body of isotropic granite without significant deformation and showing locally rapakivi textures. This granitic pluton was correlated to the Paleoproterozoic A-type granites, represented in the Carajás Domain by the Serra dos Carajás suite and Rio Branco Granite. These granites were not studied in detail.

The geological and geochemical aspects shown by the Archean granitoids identified in the eastern part of the Transition Subdomain implies in the existence of significant TTG rocks in the Transition Subdomain. This reinforces the hypothesis that the Transition Subdomain could represent an extension of the Rio Maria Domain, but affected by crustal reworking events in the Neoproterozoic.

Keywords: Trondhjemite, Granodiorite, TTG, Archean, Transition Subdomain.