



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 413**

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA DAS  
ASSOCIAÇÕES TTGs E LEUCOGRANODIORITOS DO  
EXTREMO NORTE DO DOMÍNIO RIO MARIA PROVÍNCIA  
CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:**

**CHRYSTOPHE RONAIB PEIXOTO DA SILVA**

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

---

**BELÉM-PA  
2013**

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

---

R768g Ronaib, Chrystophe

Geologia, petrografia e geoquímica das associações TTGs e Leucogranodioritos do extremo norte do Domínio Rio Maria, Província Carajás / Chrystophe Ronaib; Orientador: Davis Carvalho de Oliveira – 2013

xiv, 76 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 estratigráfica – Arqueano. 2. Tonalito. 3. Geoquímica - Pará. 4. Água Azul do Norte (Pa). 5. Carajás, Serra dos (Pa). I. Oliveira, Davis Carvalho de, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22<sup>a</sup> ed.: 551.712098115

---



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

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA, GEOQUÍMICA DAS  
ASSOCIAÇÕES TTGs E LEUCOGRANODIORITOS DO  
EXTREMO NORTE DO DOMÍNIO RIO MARIA PROVÍNCIA  
CARAJÁS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**

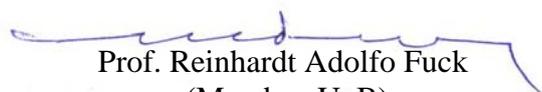
**CHRISTOPHE RONAIB PEIXOTO DA SILVA**

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

**Data de Aprovação: 18 / 06 / 2013**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Davis Carvalho de Oliveira  
(Orientador-UFPA)

  
Prof. Reinhardt Adolfo Fuck  
(Membro-UnB)

  
Prof. José de Arimatéia Costa de Almeida  
(Membro-UFPA)

## AGRADECIMENTOS

Para que este trabalho fosse realizado, várias pessoas tiveram seu grau de importância, a estes meus sinceros agradecimentos:

- A Deus, Supremo criador dos céus e da terra por ter me fortalecido e guiado durante os momentos difíceis.
- A minha família, em especial meus pais por acreditarem em mim e pelo incentivo dado durante os estudos.
- Ao meu grande Amor “Nanda” minha fiel companheira, por sempre estar ao meu lado me apoiando e me encorajando em todas as adversidades.
- A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa durante a realização deste trabalho.
- Aos professores, geólogos e estudantes do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG): Prof. Roberto Dall’Agnol, Prof. Claudio N. Lamarão, Prof. Régis, Ari, Alice, Bhrenno, Daniel, Mayara, Patrick, Pablo, e Ph, pelos momentos de descontração e em especial aos amigos Eleilson, Fabriciana e Max pelas tantas discussões e ajudas importantíssimas para a conclusão deste trabalho.
- À Universidade Federal do Pará pela infra-estrutura e ao Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica por ter me proporcionado essa experiência de trabalhar com grandes profissionais.
- Ao professor e orientador Davis Carvalho pelo esforço e apoio dado a mim para que eu pudesse realizar este trabalho e inúmeras discussões e sugestões durante a elaboração do mesmo.

A todas as pessoas aqui citadas ou não, que de certa forma colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, mas acima de tudo contribuíram para o meu crescimento como pessoa e profissional, o meu muito **OBRIGADO**.

*Ora aquele que é poderoso para nos dar  
muito mais além daquilo que pedimos ou pensamos,  
segundo o poder que em nós opera. (Ef 3.20)*

## RESUMO

O mapeamento geológico realizado à sudeste de Água Azul do Norte/PA, porção norte do Domínio Rio Maria, aliado aos dados petrográficos e geoquímicos permitiram a individualização de associações TTGs e leucogranodioritos. Nesta região, os trabalhos de mapeamento foram realizados apenas em escala regional o que possibilitou a extrapolação da área de ocorrência de rochas similares ao Tonalito Caracol e Trondhjemito Mogno. Os TTGs estudados foram individualizados em duas unidades com base no conteúdo de minerais máficos, concentrações de epidoto magmático e no grau de saussuritização (descalcificação) do plagioclásio em: (1) Epidoto-Biotita Tonalito e; (2) Biotita Trondhjemito. Em geral, são rochas que apresentam foliação definida pelo bandamento composicional, localmente pode ser perturbada por dobras e bandas de cisalhamento. Suas características geoquímicas são compatíveis com os TTGs arqueanos do grupo de alto  $Al_2O_3$ , sendo ainda relativamente pobres em elementos ferromagnesianos, com padrões ETRP moderado a fortemente fracionados e anomalias de Eu discretas. As diferenças nas razões La/Yb e anomalia de Eu, possibilitou a discriminação de três grupos distintos de rochas: Os TTGs pertencentes ao grupo de alto La/Yb e Sr/Y são similares às rochas do Trondhjemito Mogno, descritos no Domínio Rio Maria. Estas rochas incluem a maioria das amostras da unidade Biotita Trondhjemito. No caso dos TTGs com médio a baixo La/Yb e Sr/Y quando comparadas com as rochas do Domínio Rio Maria possuem forte correlação com o Tonalito Caracol. Estes grupos são compostos principalmente pela unidade Epidoto-Biotita Tonalito, incluindo também amostras isoladas do Biotita Trondhjemito. Com base nos critérios utilizados acima, os leucogranodioritos da área foram divididos em dois grupos: Biotita Granodiorito e Leucogranodiorito. As rochas do Biotita Granodiorito possuem ampla ocorrência espacial na porção oeste da área, relações de campo mostram que são intrusivas nos granitoides TTGs. Os dados geoquímicos apontam que o Biotita Granodiorito possui padrões de ETR fortemente fracionados, com alta razão La/Yb (33 – 186) e anomalia de Eu positiva ( $1,11 < Eu/Eu^* < 3,26$ ), enquanto os leucogranodioritos mostram padrões levemente fracionados, com moderadas razões La/Yb (24,7 – 34,7) e anomalia de Eu ausente ( $Eu/Eu^* = 1,03$ ). Os diagramas de Harker para elementos maiores e traços não favorecem uma ligação genética por processo de cristalização fracionada entre o Biotita Granodiorito e as associações TTGs, uma vez que apresentam *trends* de evolução distintos, indicando portanto que as condições de sua gênese e diferenciação foram bem diferentes, tampouco por fusão parcial de uma fonte TTG, pelo fato de não apresentar significativa anomalia negativa de Eu, bem como por exibir

padrões similares de fracionamento de ETR em relação aos TTGs, atestando que essas rochas provavelmente não foram oriundas de magmas precursores desses TTGs.

Palavras chave: Geologia estratigráfica – Arqueano, Tonalito, Geoquímica, Água Azul do Norte (Pa), Carajás.

## ABSTRACT

The geological mapping carried out in the southeastern portion of Água Azul do Norte / PA, northern part of the Rio Maria domain, ally to the petrographic and geochemical data allowed the individualization of TTGs associations and leucogranodiorites. In this region, mapping was performed only on regional scale which allowed the extrapolation of the area of occurrence of rocks similar to Caracol Tonalite and Mogno Trondhjemite. The TTGs studied were individual in two units based on the contents of mafic minerals, concentration of magmatic epidote and degree of saussuritization of the plagioclase in: (1) Epidote-Biotite Tonalite and, (2) Biotite-Trondhjemite. In general, rocks which have a foliation defined by compositional banding which locally can be disturbed by folds and shear bands. Their geochemical characteristics are consistent with Archean TTG group of high  $Al_2O_3$  and are still relatively poor in ferromagnesian elements, with HREE pattern moderately to strongly fractionated and Eu discrete anomalies. The differences in the ratios La/Yb and Eu anomalies, allowed to discriminate three distinct groups of rocks: The TTGs belonging to the group of high La/Yb, Sr/Y are similar to rocks Mogno Trondhjemite described in Rio Maria Domain. These rocks include the most samples of the unit Biotite Trondhjemite. In the case of TTGs with medium to low La/Yb, Sr/Y compared with the rocks of the Rio Maria area are strongly correlated with the Tonalite Caracol. These groups are composed mainly by unit Epidote-Biotite Tonalite, including also isolated samples the Biotite Trondhjemite. On the basis of geological, petrographic and geochemical data leucogranodiorites of the study area were divided into two groups: Biotite Granodiorite and Leucogranodiorite. The rocks of the Biotite Granodiorite have wide spatial occurrence in the western portion of the area. Field relationships show that these rocks are intrusive in granitoids TTGs. The available geochemical indicate that the Biotite Granodiorite have as well fractionated REE patterns, with high ratio La/Yb (33-186) and Eu anomalies quite pronounced, being strongly positive ( $1,11 < Eu/Eu^* < 3,26$ ). Whereas leucogranodiorites show slightly fractionated patterns, with moderate ratios La/Yb (24.7 to 34.7) and Eu anomalies absent ( $Eu / Eu^* = 1.03$ ). The Harker diagrams for major and trace elements do not favor a genetic link by fractional crystallization processes between the Biotite Granodiorite and TTG associations, considering present distinct evolution trends, thus indicating that the conditions of their genesis and differentiation were quite different, either by partial melting of a TTG source by the fact of the leucogranites not to present significant negative Eu anomaly, as well as for to show similar patterns of REE

fractionation in relation to TTG suites, attesting that these rocks were probably not derived from precursor magmas of the TTG suites.

**Keywords:** Stratigraphic geology – Archean, Tonalite, Geochemistry, Água Azul do Norte (Pa), Carajás.