



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROLOGIA MAGNÉTICA
DOS GRANITOIDES ARQUEANOS DA PORÇÃO NORDESTE
DE ÁGUA AZUL DO NORTE – PROVÍNCIA CARAJÁS**

Dissertação apresentada por:

ELEILSON OLIVEIRA GABRIEL

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

**BELÉM
2012**

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

G118g Gabriel, Eleilson Oliveira

Geologia, geoquímica e petrologia magnética dos granitoides Arqueanos da Porção Nordeste de Água Azul do Norte – Província Carajás / Eleilson Oliveira Gabriel; Orientador: Davis Carvalho de Oliveira – 2012

xiv, 117 f.: il.

Dissertação (mestrado em geoquímica e petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

1. Geoquímica - Carajás, Província (PA). 2. Suscetibilidade Magnética. 3. Arqueano. 4. Sanukitoides. I. Oliveira, Davis Carvalho de, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 551.9098115



Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROLOGIA MAGNÉTICA
DOS GRANITOIDES ARQUEANOS DA PORÇÃO NORDESTE
DE ÁGUA AZUL DO NORTE – PROVÍNCIA CARAJÁS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ELEILSON OLIVEIRA GABRIEL

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

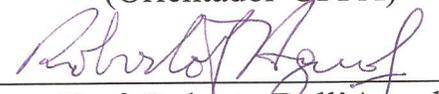
Data de Aprovação: 10/09/2012

Banca Examinadora:



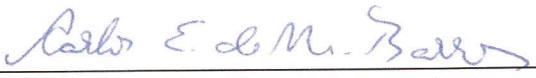
Prof. Davis Carvalho de Oliveira

(Orientador-UFPA)



Prof. Roberto Dall'Agnol

(Membro-UFPA)



Prof. Carlos Eduardo de Mesquita Barros

(Membro-UFPR)

Dedico este trabalho aos verdadeiros amores da minha vida: minha mãe Antonia Oliveira Gabriel, meu pai Antonio de Sousa Gabriel (que foram meus primeiros e grandes mestres) e à Caroline (O Meu Amor e mulher de minha vida).

AGRADECIMENTOS

Dentre aqueles o qual registro meus agradecimentos, devo primeiramente a existência deste trabalho ao DEUS CRIADOR que além de ter me dado o Dom da vida, me abençoou e me deu todo o apoio espiritual que precisei para chegar até aqui.

Aos meus pais pelas palavras de consolo nos momentos difíceis da saudade. Aos meus irmãos Eleny, Nilde e Elenilson pelos momentos fraternos, ao meu sobrinho Raylan que sempre foi para mim uma lição de vida e motivação.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro (Processo nº 476444/2008 0); à FAPESPA (Processo nº 133/2008 0), ao convênio Vale-FAPESPA (Edital 001/2010 – ICAAF 053/2011) e INCT/Geociam (Processo nº 573733/2008-2) pelo apoio financeiro.

Ao meu estimado orientador Professor Davis Carvalho de Oliveira pela oportunidade de ter feito este trabalho, pela sua importante participação em todas as etapas de sua confecção.

Aos professores, geólogos e estudantes do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG): Prof. Roberto Dall’Agnol, Prof. Claudio N. Lamarão, Prof. Régis Munhoz K. Borges, Ari, Albano, Alice, Fabriciana, Gilmara, Marcelo, Mayara, Patrick, Pablo, Rose e Tayla, pelos momentos de descontração e de discussões importantíssimas para o desenrolar deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da UFPA (IG/UFPA) pelos importantíssimos conhecimentos transmitidos, pelas dicas e materiais bibliográficos cedidos que, foram de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Carlos Eduardo M. Barros e Roberto Dall’Agnol pelas críticas e correções úteis para o amadurecimento e finalização deste trabalho.

A todos os amigos e amigas que conheceram minha luta e que em alguma etapa dela acompanharam-me, especialmente Valzete e Helena.

Aos técnicos do OPA e da Oficina de laminação e a todos àqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento deste trabalho aqui deixo o meu MUITO OBRIGADO!

*Muitas vozes opostas
 Sussurravam desesperadas
 Mudas, caladas
 Falavam pelas minhas costas.
 Maldiziam de mim,
 Duvidavam de minha palavra
 Apostas mal amadas...
 Mas por fim cheguei aqui.*

*Hoje, quando vejo,
 O corredor em alvoroço
 Passo como bom moço
 Na mesura do desejo.
 Olhar frio, que desapareço,
 A mais triste amargura
 Porque fiz aquela figura
 Contradizer o seu ego.*

*A vida, uma escola,
 Ensinou-me, ainda aprendo,
 Mas ainda não compreendo
 O sentido da palavra.
 Que venha em seguida!
 Pois a vida continua,
 Hoje ando na rua
 De cabeça erguida!*

*Ao coração dedicado
 Presenteei no consoante,
 E aprendi a ser amante,
 Valorizei o meu remado.
 Com a razão ao meu dispor,
 Guardião em sentinela,
 Conquistei a mais bela
 Minha mulher, Meu Amor.*

(Edeilson Oliveira Gabriel)

RESUMO

Os estudos petrográficos e geoquímicos, aliados aos dados de mapeamento geológico realizados nos granitoides arqueanos que afloram na porção NE de Água Azul do Norte, porção sul do Domínio Carajás, permitiram caracterizar novas unidades que antes estavam inseridas no contexto geológico do Complexo Xingu. São elas: (i) os granodioritos Água Azul e Água Limpa, que são granitoides de alto-Mg que apresentam assinatura geoquímica afim das suítes sanukitoides arqueanas que ocorrem em outras áreas da Província Carajás, assim como nas Províncias Superior e Karelian; (ii) um *plúton* de Trondhjemitó com afinidade TTG e que ainda não havia sido identificado em estudos anteriores na região estudada; (iii) três corpos de Leucogranodioritos e um de Leucogranito, todos de assinatura cálcio-alcálica e geoquimicamente similares aos leucogranodioritos-granitos da Suíte Garantã do Domínio Rio Maria. Estas rochas são intrusivas nas sequências supracrustais do Grupo Sapucaia e ocorrem como corpos deformados e alongados em padrão estrutural E-W. Os granodioritos Água Azul e Água Limpa são compostos essencialmente por (epidoto)-anfíbólio-biotita granodioritos e tonalitos com (muscovita)-(epidoto)-biotita granodioritos e monzogranitos associados. O *plúton* de Trondhjemitó é composto por biotita trondhjemitos e biotita tonalitos, enquanto que as ocorrências de Leucogranodioritos são formadas por biotita granodioritos, e o pequeno corpo de Leucogranito por biotita monzogranitos. Os granodioritos Água Azul e Água Limpa são predominantemente metaluminosos e apresentam altos valores de #Mg, Cr, Ni, que diferem dos fornecidos por séries cálcio-alcálicas de margens continentais e TTGs e leucogranodioritos arqueanos do Domínio Rio Maria. O estudo de suscetibilidade magnética (SM) realizado nestes dois corpos mostrou valores relativamente baixos com média de $17,54 \times 10^{-4}$ SIv para o Granodiorito Água Limpa e de $4,19 \times 10^{-4}$ SIv para o Água Azul. As análises dos minerais opacos mostraram que a magnetita e hematita são as fases mais comuns e que a ilmenita é ausente. No Granodiorito Água Limpa a magnetita é mais abundante e desenvolvida que no Granodiorito Água Azul, justificando assim seus mais altos valores de SM. Em geral, os valores de SM e o conteúdo modal de minerais opacos aumentam no sentido das fácies menos evoluídas (anfíbólio tonalitos + anfíbólio granodioritos) para as mais evoluídas (biotita granodioritos + biotita monzogranitos). Em geral, as amostras mais magnéticas estão relacionadas à formação de magnetita como efeito da atuação de processos deformacionais. Devido às afinidades geoquímicas e mineralógicas entre estas rochas e os

sanukitoides de Rio Maria, pode-se admitir condições de fO_2 entre os tampões HM e FMQ para os granitoides de Água Azul do Norte.

Palavras-chaves: Geoquímica - Carajás, Província (PA). Suscetibilidade Magnética. Arqueano. Sanukitoides.

ABSTRACT

Petrographic and geochemical studies of Archean granitoids undertaken during the geological mapping of the NE portion of the Água Azul do Norte area - Carajás Province, allowed the identification of new units that were previously inserted into the Xingu Complex. The granitoids individualized are: (i) the Água Azul and Água Limpa granodiorites, which are high-Mg granitoids, similar geochemically to the Archean sanukitoid occurring in other areas of the Carajás Province as well as in the Karelian and Superior provinces; (ii) a pluton of Trondhjemite with affinity to the classical TTG, not identified in previous studies in this area; (iii) three bodies of Leucogranodiorites and one of Leucogranite all of them with calc-alkaline signature and geochemically similar to the leucogranodiorites-granites of the Guarantã Suite of the Rio Maria Domain. These Archean granitoids are intrusive in the supracrustal sequences of the Sapucaia Group and occur as deformed bodies, generally elongated along E-W. The Água Azul and Água Limpa granodiorites are composed essentially of (epidote)-amphibole-biotite granodiorite and tonalite with (muscovite)-(epidote)-biotite granodiorite and monzogranites. Biotite trondhjemites and subordinate biotite tonalites are the rock varieties identified in the Trondhjemite pluton. The occurrences of Leucogranodiorites consist of biotite granodiorites, and the Leucogranite body is composed of biotite monzogranites. The Água Azul and Água Limpa granodiorites are predominantly metaluminous and exhibit higher values of Mg#, Cr and Ni when compared to the calc-alkaline series from continental margins and Archean TTG suites and leucogranodiorites of the Rio Maria Domain. The magnetic susceptibility (MS) values obtained in the rocks of these two bodies are relatively low (average 17.54×10^{-4} SIv for the Água Limpa and average 4.19×10^{-4} SIv for the Água Azul granodiorites). Magnetite and hematite are the more common opaque minerals and ilmenite is absent in these rocks. The magnetite crystals are more abundant and larger in the Água Limpa Granodiorite compared to the Água Azul Granodiorite, justifying the highest values of MS found in this pluton. In general there is a tendency of increasing of MS values in the sense of the less evolved facies (amphibole tonalite + amphibole granodiorite) to more evolved facies (biotite granodiorite + biotite monzogranite). The more magnetic samples are related to magnetite formed during deformational processes in shear zones. Because of the geochemical and mineralogical similarities between these rocks and sanukitoids of Rio Maria,

it is assumed conditions of the fO_2 between HM and FMQ buffers for granitoids of the Água Azul do Norte.

Keywords: Geochemistry – Carajás, Province (PA). Magnetic Susceptibility. Archaean. Sanukitoids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.....	3
Figura 2 – Mapa geológico e localização da Província Carajás no Cráton Amazônico.....	6
Figura 3 – Mapa de amostragem da área estudada.....	15

CAPÍTULO II

Figura 1 – Mapa geológico da Província Carajás e mapa geológico da área estudada.....	23
Figura 2 – Prancha com fotos de afloramentos em grandes lajeiros no GrdAL, xenólito xistoso de metabasalto pertencente ao Grupo Sapucaia em meio à foliação do GrdAA, buraco de <i>enclave</i> no GrdAL e <i>enclave</i> máfico no GrdAA.....	21
Figura 3 – Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M' para os granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	30
Figura 4 – Aspectos texturais das rochas estudadas.....	31
Figura 5 – Aspectos deformacionais e microestruturais das rochas estudadas.....	36
Figura 6 – Diagramas de Harker para os óxidos de elementos maiores e menores das amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa e das Suítes Sanukitoides da Província Superior, Província Karelian e Domínio Rio Maria, além dos TTGs, leucogranodioritos da Suíte Guarantã e Granodiorito Grotão do Domínio Rio Maria.....	38
Figura 7 – Diagramas de Harker para os elementos traço e #Mg das amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa e das Suítes Sanukitoides da Província Superior, Província Karelian e Domínio Rio Maria, assim como os TTGs e leucogranodioritos de Rio Maria.....	41
Figura 8 – Padrões de ETR para as amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	42
Figura 9 – Padrões de ETR para as amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa comparados às médias de ETR das Suítes Sanukitoides da Província Superior, Província Karelian e Domínio Rio Maria, assim como TTGs, leucogranodioritos da Suíte Guarantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	42
Figura 10 – Diagramas geoquímicos mostrando a distribuição de amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa juntamente aos campos de amostras dos sanukitoides da Província Superior, Província Karelian e Domínio Rio Maria, assim como TTGs, leucogranodioritos Guarantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	43
Figura 11 – Diagramas Cr e Ni (ppm) vs. número de magnésio (#Mg) para as amostras dos granodioritos Água Azul e Água Limpa, com os campos das composições das Suítes Sanukitoides da Província Superior, Província Karelian e Domínio Rio Maria, assim como TTGs e leucogranodioritos Guarantã de Rio Maria.....	44

CAPÍTULO III

Figura 1 – Mapa geológico da Província Carajás e mapa geológico da área estudada.....	61
---	----

Figura 2 – Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M' para as variedades dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	63
Figura 3 – Histogramas e polígonos de frequência exibindo a distribuição das principais associações de fácies dos granodioritos Água Azul e Água Limpa assim como gráficos de probabilidade referentes aos seus dados de SM.....	66
Figura 4 – Mapa de contorno de suscetibilidade magnética (SM) dos granodioritos Água Azul (GrdAA) e Água Limpa (GrdAL) juntamente aos limites das fácies de cada corpo.....	69
Figura 5 – Diagramas binários relacionando os valores de suscetibilidade magnética (SM) e os conteúdos modais de minerais opacos, anfibólio, máficos, biotita, soma de epidoto magmático e allanita e soma de quartzo e feldspato potássico.....	71
Figura 6 – Diagramas binários relacionando os valores de suscetibilidade magnética (SM) e a concentração de Fe ₂ O ₃ T, FeO, MgO e CaO.....	74
Figura 7 – Fotomicrografias (luz refletida e nicóis paralelos) dos minerais óxidos dos granodioritos Água Azul (GrdAA) e Água Limpa (GrdAL), exibindo seus principais aspectos texturais.....	76
Figura 8 – Imagens de microscópio eletrônico de varredura e espectros de análise EDS semi-quantitativa de magnetitas dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	77
Figura 9 – Ordem de cristalização dos minerais opacos dos granodioritos Água Azul (GrdAA) e Água Limpa (GrdAL).....	79
Figura 10 – Polígonos de frequência referentes aos dados de SM (K) do Granodiorito Rio Maria da área tipo comparados aos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	81

CAPÍTULO IV

Figura 1 – Mapa geológico da porção nordeste de Água Azul do Norte.....	90
Figura 2 – Aspectos texturais das rochas estudadas.....	91
Figura 3 – Diagramas modais Q-A-P e Q-(A+P)-M' para os Trondhjemitos, Leucogranodioritos e Leucogranitos da porção nordeste de Água Azul do Norte.....	95
Figura 4 – Diagramas de Harker para os óxidos de elementos maiores e menores das amostras dos Trondhjemitos, Leucogranodioritos e Leucogranitos, além dos TTGs, Suíte Garantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	98
Figura 5 – Diagramas geoquímicos mostrando a distribuição de amostras dos granitoides estudados, assim como dos granodioritos Água Azul e Água Limpa e os TTGs, Suíte Garantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	99
Figura 6 – Diagramas de Harker para os óxidos de elementos traço das amostras dos Trondhjemitos, Leucogranodioritos e Leucogranitos estudados assim como TTGs, Suíte Garantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	101
Figura 7 – Padrões de ETR para as amostras dos granitoides estudados e comparação dos padrões de ETR destas rochas com TTGs, Suíte Garantã e Granodiorito Grotão de Rio Maria.....	102

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO II**

Tabela 1 – Composições modais do Granodiorito Água Limpa.....	28
Tabela 2 – Composições modais do Granodiorito Água Azul.....	29
Tabela 3 – Composições químicas dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	37

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Composições modais médias dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	62
Tabela 2 – Dados de suscetibilidade magnética (SM) dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	65
Tabela 3 – Participação de cada variedade litológica do Granodiorito Água Azul e Água Limpa nas várias populações de suscetibilidade magnética e seus valores médios de SM.....	68
Tabela 4 – Composições químicas médias dos granodioritos Água Azul e Água Limpa.....	73

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Composições modais médias dos Trondhjemitos, Leucogranodioritos e Leucogranitos da porção nordeste de Água Azul do Norte.....	94
Tabela 2 – Composições químicas dos Trondhjemitos, Leucogranodioritos e Leucogranitos da porção nordeste de Água Azul do Norte.....	96

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	3
1.2.1 Geologia do Domínio Rio Maria	4
1.2.2 Geologia do Domínio Carajás	7
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	14
1.5.1 Pesquisa Bibliográfica	14
1.5.2 Mapeamento Geológico	14
1.5.3 Petrografia	16
1.5.4 Geoquímica	16
1.5.5 Petrologia Magnética	17
2 GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DOS GRANITOIDES ARQUEANOS DE ALTO MAGNÉSIO DA REGIÃO DE ÁGUA AZUL DO NORTE – PROVÍNCIA CARAJÁS (PA)	18
3 PETROLOGIA MAGNÉTICA DOS GRANODIORITOS ÁGUA AZUL E ÁGUA LIMPA, PORÇÃO SUL DO DOMÍNIO CARAJÁS - PARÁ	55
4 TRONDHJEMITOS, LEUCOGRANODIORITOS E LEUCOGRANITOS DA PORÇÃO NORDESTE DE ÁGUA AZUL DO NORTE	88
4.1 INTRODUÇÃO	88
4.2 CARACTERIZAÇÃO	88
4.2.1 Geologia	88
4.2.2 Petrografia	92
4.2.3 Geoquímica	93
4.3 DISCUSSÕES	102
5 CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS	109