



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:  
GEOQUÍMICA, GEOFÍSICA E EVOLUÇÃO CRUSTAL**

**TECTÔNICA E LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS  
SUPRACRUSTAIS E ORTOGNAISSES A NORTE  
E A SUL DA ZONA DE CISALHAMENTO  
CONGO-CRUZEIRO DO NORDESTE  
(PARAÍBA): UM TESTE DA HIPÓTESE DE  
TERRENOS NO DOMÍNIO CENTRAL DA  
PROVÍNCIA BORBOREMA**

**VANJA COELHO ALCANTARA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
RECIFE 2008**

**Avenida Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, 50740-530  
Recife-PE**

**fone/fax: (81) 2126-8726/8902**

**e-mail: [ppgeoc@ufpe.br](mailto:ppgeoc@ufpe.br) home Page: [www.propesq.ufpe.br/ppgeoc](http://www.propesq.ufpe.br/ppgeoc)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Vanja Coelho Alcantara

**TECTÔNICA E LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS  
SUPRACRUSTAIS E ORTOGNAISSES A  
NORTE E A SUL DA ZONA DE  
CISALHAMENTO CONGO-CRUZEIRO DO  
NORDESTE (PARAÍBA): UM TESTE DA  
HIPÓTESE DE TERRENOS NO DOMÍNIO  
CENTRAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA**

Dissertação de Mestrado

2008

VANJA COELHO ALCANTARA

Geóloga, Universidade Federal de Pernambuco, 2005

TECTÔNICA E LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS SUPRACRUSTAIS E  
ORTOGNAISSES A NORTE E A SUL DA ZONA DE CISALHAMENTO CONGO -  
CRUZEIRO DO NORDESTE (PARAÍBA): UM TESTE DA HIPÓTESE DE  
TERRENOS NO DOMÍNIO CENTRAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Professor Sérgio Pacheco Neves, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geoquímica, Geofísica e Evolução Crustal, defendida em 18 de Dezembro de 2008.

RECIFE, PE

2008

**A347t**

**Alcantara, Vanja Coelho.**

Tectônica e litogeoquímica de rochas supracrustais e ortognaisses a norte e a sul da zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste (Paraíba): um teste da hipótese de terrenos no Domínio Central da Província Borborema / Vanja Coelho Alcantara. - Recife: O Autor, 2008.

130 folhas, il : grafs., Mapas, tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2008.

Inclui bibliografia e Anexos.

1. Geociências. 2. Província Borborema. 3. Litogeoquímica. 4. Metassedimentos. 5. Ortognaisses. 6. Rochas Supracrustais. I. Título.

**UFPE**

**551**

**CDD (22. ed.)**

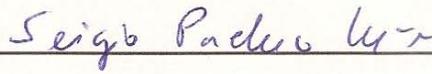
**BCTG/2009-052**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:  
GEOQUÍMICA, GEOFÍSICA E EVOLUÇÃO CRUSTAL**

“Tectônica e Litogeoquímica de Rochas Supracrustais e Ortognaisses a Norte e a Sul da Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste (Paraíba): Um Teste da Hipótese de Terrenos no Domínio Central Da Província Borborema “

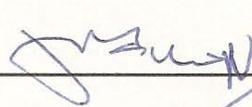
Vanja Coelho Alcantara

**Aprovada**



**Prof. Dr. Sérgio Pacheco Neves**

**18/12/2008**



**Prof. Dr. José Maurício Rangel da Silva**

**18/12/2008**



**Prof. Dr. Vladimir Cruz de Medeiros**

**18/12/2008**

## **AGRADECIMENTOS**

---

---

Ao Projeto APQ – 0479 – 1.07/06 FACEP/PRONEX, pelo suporte financeiro;  
Ao CNPQ, Processo 30063/2004-2, por prestar auxílio financeiro através da taxa de bancada do orientador;  
A CAPES, pela bolsa de estudos;  
A CPRM, pelo empréstimo das fotografias aéreas;  
Ao Laboratório de laminação da UFPE, pela confecção das secções delgadas;  
A Professor Sérgio, pela orientação, grande paciência e constante disponibilidade ao longo deste trabalho;  
A Professor Maurício, pela ajuda durante trabalho de campo, observações sobre o mapa e pela atenção;  
A Professor Gorki, pelo apoio e eterna disposição para ajudar;  
Ao Programa de Pós-Graduação e ao Departamento de Geologia, pela oportunidade;  
A Rosa e Conceição, pelo atendimento em diversos assuntos referentes ou não à secretaria;  
A Elizabeth Galdino, pela eficiência, atenção e ajuda;  
A Iracema Angélica, pela eterna prestatividade;  
Às Professoras Sandra e Lucila, pela amizade, apoio e estímulo;  
A Maria Emília, Edlene, Cristiane e Clélia, pelas longas conversas;  
A todos os membros do TECMA pela colaboração no dia a dia de trabalho;  
A família e amigos, por tudo.

## RESUMO

---

---

A geologia nas proximidades de Aroeiras, Paraíba, abrange ortognaisses de composições álcali-feldspato granítica a tonalítica e quartzo monzodiorítica paleoproterozóicos, seqüências metassedimentares e rochas intrusivas. As rochas estudadas foram separadas segundo o critério de aflorar a norte ou a sul da Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste (ZCCCN), definida como limite entre os terrenos Alto Moxotó (TAM) e Rio Capibaribe (TRC). Esta e outras zonas de cisalhamento (dextrais e sinistrais) causaram milonitização ao longo de sua extensão. Paragnaisses quartzo-feldspáticos a biotita paragnaisses são as rochas mais abundantes, abrangendo regiões definidas como complexos Surubim, Sertânia e Vertentes. Os protólitos prováveis são arenitos arcoseanos que sofreram pouco transporte com contribuição de sedimentos mais pelíticos. Xistos típicos apresentam localmente intercalações com quartzitos. Às vezes ocorre migmatização em diferentes intensidades. As litologias apresentam distribuição diferente daquela apresentada no corrente mapa geológico da Paraíba. Em relação às unidades litológicas, as diferenças entre as porções a norte e a sul da ZCCCN são insuficientes para definir se as rochas pertencem a unidades distintas ou se fazem parte de uma mesma unidade litoestratigráfica. Quatro gerações de dobramentos afetaram a região: a primeira não é mais encontrada facilmente. A segunda marcou a região através de dobras invertidas, com planos axiais de direção SW-NE e vergência NW. Esta geração foi afetada por dobras normais com eixo de direção E-W, com caimento para E. A quarta geração afeta a área com menor intensidade. São dobras suaves a abertas, cujo plano axial tem direção NW-SE. A ZCCCN, sinistral, é composta por dois segmentos que se unem paralelamente à Zona de cisalhamento dextral Coxixola. Estes cisalhamentos cortam a porção norte da área, servindo de conduto para subida de dois corpos graníticos. Uma terceira zona de cisalhamento (São Bento) corta a porção E/SE da área e tem sentido de movimento dextral. Um cisalhamento menor ocorre na porção W-SW da área, com sentido de movimento sinistral. Metassedimentos e ortognaisses foram submetidos a análises químicas, a partir das quais os ortognaisses foram caracterizados como rochas cálcio-alcalinas de arco vulcânico. Os diagramas de ETR dos ortognaisses e dos metassedimentos são aproximadamente paralelos, embora os metassedimentos sejam um pouco mais pobres em ETR, sugerindo que grande parte dos ortognaisses possa ter servido como uma das fontes dos metassedimentos. Considerando em conjunto as similaridades entre os metassedimentos em toda a área e sua semelhança geoquímica com os ortognaisses, não haveria diferença entre os terrenos a norte e a sul da ZCCCN.

Palavras-chaves: Província Borborema, limite entre terrenos, Terreno Alto Moxotó, Terreno Rio Capibaribe, litogeoquímica, metassedimentos, ortognaisses.

## ABSTRACT

---

---

The area around Aroeiras, Paraíba, includes quartz- monzodioritic orthogneisses of paleoproterozoic ages and alkali-feldspar granitic to tonalitic orthogneisses of uncertain ages; metasedimentary sequences and intrusive rocks. The studied lithologies were separated according to its occurrence north or south of the Congo-Cruzeiro do Nordeste Shear Zone (CCNSZ), which is defined as the limit between the Alto Moxotó and Rio Capibaribe terranes. The CCNSZ and others shear zones (dextral and sinistral) have caused milonitization of the rocks lying along their extension. Quartz-feldspar paragneisses to biotite paragneisses are the most abundant rocks, lying within the Surubim, Sertânia and Vertentes complexes according to the geological map of Paraíba. The protholites were probably arcosean arenites that went through little transport and have some contribution from more pelitic sediments. Typical schists are locally intercalated with quartzites. In some places, migmatization occurs, with variable intensity. Some differences were observed between rocks situated north and south of the CCNSZ, but they are not enough to decide if they belong to distinct units or are part of the same lithostratigraphic unit. Four generations of folds affected the region: the first one is not easily found anymore. The second one produced overturned folds with SW-NE-striking axial planes and NW vergence. This generation was affected by upright folds with E-W-trending axes, generally plunging to the E. The fourth generation has affected the area in a less intense way. The folds are open, with NW-SE-striking axial planes. The CCNSZ is a sinistral shear zone, consisting of two NE- to ENE-striking branches that join westward and then with the E-W-striking dextral Coxixola shear zone. These shear zones cut across the north portion of the area, acting as a conduct for two granitic plutons. Another shear zone (São Bento) cuts the E/SE portion of the área, and has a dextral shear sense. A smaller sinistral shear zone was also found within the W-SW potion of the area. Metasedimentary rocks and orthogneisses were submitted to chemical analyses. The orthogneisses are characterized as arc volcanic calc-alkaline rocks. The RRE diagrams for orthogneisses and metasedimentary rocks are nearly parallel, although the latter are somewhat poorer in REE, suggesting that the orthogneisses may have been one of the main sources for the sedimentary precursors of the paragneisses. Taking into account the geochemical similarities between metasedimentary rocks and orthogneisses in different places of the area, it seems to be no differences between terranes situated north and south of the CCNSZ.

Key words: Borborema Province, limit between terrenes, Alto Moxotó Terrane, Rio Capibaribe Terrane, lithochemochemistry, metasediments, orthogneisses.

# ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

- Figura 1.1-** Mapa de acesso à área, com delimitação da mesma (Guia Quatro Rodas, 2005, utilizando Projeção Policônica com Meridiano Central 51° W Gr.) 3
- Figura 1.2-** Mapa de localização dos afloramentos, com identificação das principais localidades..... 3

## CAPÍTULO 2 – GEOLOGIA REGIONAL

- Figura 2.1** – Província Borborema com domínios e principais terrenos indicados..... 5
- Figura 2.2** – Mapa geológico da área em estudo, resultante de mapeamento em escala 1:500.000 (Santos *et al.*, 2002)..... 9

## CAPÍTULO 4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

- Figura 4.1-** Subdivisão da área de estudos em domínios estruturais, com o intuito de sistematizar as interpretações. Para maiores detalhes, ver anexo B.2..... 35
- Figura 4.2-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações - Domínio 01..... 44
- Figura 4.3-** Pólos de foliações e bandamentos a oeste do Domínio 01 (total de dados n=36). Os pontos em vermelho correspondem aos dados de uma única dobra, que pode ser vista na fotografia 4.4..... 45
- Figura 4.4-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações no Domínio 02..... 45
- Figura 4.5-** Pólos de planos axiais e eixos de dobras no Domínio 02..... 46
- Figura 4.6-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações de estiramento no Domínio 03. 46
- Figura 4.7-** Pólos de planos axiais e eixos de dobras no Domínio 03..... 47

## CAPÍTULO 5- LITOGEOQUÍMICA 49

- Figura 5.1-** Mapa litológico com os pontos de coleta das amostras utilizadas nos estudos geoquímicos. Para maiores detalhes, ver Anexo D..... 49
- Figura 5.2-** Diagramas Harker para elementos menores dos metassedimentos em estudo (tanto nas abcissas como nas ordenadas os valores são dados em ppm em peso)..... 54
- Figura 5.3-** Diagrama de classificação geral para metassedimentos (retirado de Herron, 1988)..... 54
- Figura 5.4-** Dados dos metassedimentos no diagrama  $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO) \times Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$  com os campos de Maniar & Picolli (1989), baseados nos índices de Shand (1950)..... 55
- Figura 5.5-** Diagrama de variação para elementos Terras Raras, normalizados pelo padrão NACS (*North American Continental Shales*), de Haskin & Frey 55

(1966).....	
<b>Figura 5.6-</b> Diagrama multi-elementar (aranhagrama) dos metassedimentos, normalizado em relação ao manto primordial, segundo os valores de Wood <i>et al.</i> , 1979).....	56
<b>Figura 5.7-</b> Distribuição dos dados (em percentual em peso) dos metassedimentos da região estudada em ambientes geotectônicos. Os campos são de Bhatia (1983).....	57
<b>Figura 5.8-</b> Diagramas Harker para elementos maiores dos ortognaisses em estudo (tanto nas abcissas como nas ordenadas os valores são dados em percentagem em peso).....	59
<b>Figura 5.9-</b> Dados dos ortognaisses no diagrama $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ x $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ com os campos de Maniar & Picolli (1989), baseados nos índices de Shand (1950).....	60
<b>Figura 5.10-</b> Diagrama sílica x álcalis totais (percentuais em peso), segundo Rickwood (1989). A linha inferior é de Kuno (1966) e o limite superior, de Irvine & Baragar (1971).....	60
<b>Figura 5.11-</b> Diagrama de classificação química através de parâmetros multicatiônicos e normativa, em percentual em peso (Streckeisen & Lê Maitre, 1979).....	61
<b>Figura 5.12-</b> Gráfico AFM (A =K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O, F=Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , M=MgO) dos ortognaisses em estudo; os campos composicionais foram retirados de Kuno (1968) e o <i>trend</i> trondhjemítico, de Barker & Arth (1976).....	61
<b>Figura 5.13-</b> Diagramas Harker para elementos menores dos ortognaisses em estudo (tanto nas abcissas como nas ordenadas os valores são dados em ppm em peso).....	64
<b>Figura 5.14-</b> Diagramas de variação para elementos menores x elementos menores e da razão Ba/Sr x SiO <sub>2</sub> (em percentual em peso) para os ortognaisses em estudo.....	65
<b>Figura 5.15-</b> Diagrama Y x CaO (em ppm em peso e percentual em peso, respectivamente).....	66
<b>Figura 5.16-</b> Diagrama de variação para ETR, normalizados pelo condrito segundo os dados de Boynton (1984).....	66
<b>Figura 5.17-</b> Aranhagrama para os ortognaisses normalizado em relação ao manto primordial (segundo Wood <i>et al.</i> , 1979).....	67
<b>Figura 5.18-</b> Diagrama de discriminação tectônica (Log Ta x log Yb em percentual em peso) para os ortognaisses em estudo (Pearce <i>et al.</i> , 1984).....	68

## CAPÍTULO 6- DISCUSSÃO

<b>Figura 6.1-</b> Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortognaisse do embasamento. O símbolo vermelho refere-se a uma estrutura planar posterior à foliação principal.....	71
<b>Figura 6.2-</b> Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortognaisse	71

granítico Lameiro (rico em anfibólio.....	
<b>Figura 6.3-</b> Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortogneise granítico equigranular. O símbolo vermelho refere-se à estrutura planar posterior à foliação principal.....	72
<b>Figura 6.4-</b> Pólos de foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) nos metassedimentos. Os símbolos vermelhos referem-se a estruturas planares posteriores à foliação principal.....	72
<b>Figura 6.5-</b> Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) nos granitos Serra das Guaribas.....	72

# ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

## CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA

<b>Fotografia 3.1-</b> Ortognaisse bandado, na parte sul da área. A atitude de foliação é 40Az/27°/130Az.....	17
<b>Fotografia 3.2-</b> Ortognaisse Lameiro, rico em anfibólio, com lineação marcada por biotita, com caimento de 32°/195Az.....	18
<b>Fotografia 3.3-</b> Paragnaisse quartzo-feldspático grosso, a sul da ZCCCN. Os grãos em destaque são plagioclásio. A direção de foliação é de 245Az/36°/335Az.....	22
<b>Fotografia 3.4-</b> Intercalação de rocha calcissilicática (camada esverdeada) no paragnaisse a sul da área. Sua foliação é 264Az/70°/354Az.....	23
<b>Fotografia 3.5-</b> Pegmatito (toda a porção fêlsica) alojado paralelamente à foliação de paragnaisse pelítico. A foliação tem atitude 249Az/subvert/339Az. Esta feição foi encontrada na porção sul da área.....	23
<b>Fotografia 3.6-</b> Quartzito que intercala com xisto a sul da ZCCCN. A foliação é 93Az/31°/183Az.....	26
<b>Fotografia 3.7-</b> Bandamento do ortognaisse, no qual é possível observar também efeito do cisalhamento.....	27
<b>Fotografia 3.8-</b> Porfiroclastos de feldspato em granito milonitizado pela ZCCCN. A assimetria dos porfiroclastos indica cisalhamento sinistral. A foliação é 135Az/61°/225Az.....	28
<b>Fotografia 3.9-</b> Milonito com deformação mais intensa do que a mostrada na figura anterior. A assimetria dos porfiroclastos mostra cisalhamento sinistral. A foliação é 85Az/71°/175Az.....	28
<b>Fotografia 3.10-</b> Milonito de granito grosso/porfirítico. A foliação da rocha é 105Az/53°/195Az.....	29
<b>Fotografia 3.11-</b> Leucogranito, a porção cuja textura mais difere do restante dos granitos observados em campo. Apresenta foliação magmática, mostrada na fotografia. Encontra-se a norte da ZCCCN, bem próxima à mesma. A foliação é 115Az/61°/205Az.....	29
<b>Fotografia 3.12-</b> Augen gnaisse, resultado de milonitização. Afeta os granitos mais ricos em feldspatos, na porção oeste da área. Este afloramento margeia a norte a ZCCCN. Sua foliação é 95Az/68°/185Az.....	29
<b>Fotografia 3.13-</b> Granito fino cortando a foliação do <i>augen</i> gnaisse. Estes corpos encontram-se dentro da ZCCCN; a foliação do corpo mais grosso é 100Az/64°/190Az.....	30
<b>Fotografia 3.14-</b> Granito fino intrudido no <i>augen</i> gnaisse, o mesmo da fotografia 3.15. Outra porção do corpo anterior.....	30
<b>Fotografia 3.15-</b> Granito bandado, com foliação de 285Az/30°/15Az.....	30
<b>Fotografia 3.16-</b> Intercalação de rocha calcissilicática com ortognaisse granítico. O afloramento encontra-se a sul da ZCCCN, e sua foliação é de	34

160Az/55°/70Az.....

#### **CAPÍTULO 4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL**

- Fotografia 4.1-** Ortognaisse granítico equigranular com dobras normais em “z” formadas nas porções graníticas (lagedo). Tais dobras estão associadas às foliações de alto ângulo, que também podem ser vistas nas fotos. As relações sugerem cisalhamento dextral. O plano axial da dobra é 110Az/ 70°/200Az (porção noroeste da área)..... 37
- Fotografia 4.2-** Foliação de baixo ângulo no xisto, mais antiga do que a de maior ângulo (porção noroeste da área)..... 37
- Fotografia 4.3-** Antiforme aberta, representando a quarta e última das fases de dobramento a que o xisto foi submetido na porção noroeste da área..... 37
- Fotografia 4.4-** *Boudins* na foliação do ortognaisse bandado do embasamento (em corte). Eixo de dobra (F4): 24°/110Az (porção noroeste da área)..... 38
- Fotografia 4.5-** Grãos de feldspato com baixa assimetria indicam movimento sinistral (lagedo). Foliação: 85Az/71°/175Az, na região da ZCCCN..... 38
- Fotografia 4.6-** Grãos de feldspato no granito (região das zonas de cisalhamento principais), aqui com formas de *augens*, indicando movimento sinistral (lagedo). A foliação é: 95Az/68°/185Az..... 39
- Fotografia 4.7-** Zona de Cisalhamento local, de direção sinistral (lagedo), na região da ZCCCN..... 39
- Fotografia 4.8-** Ortognaisse granítico equigranular (na região da ZCCCN), com duas foliações indicadas em linha preta tracejada e a lineação mais nítida, na horizontal, no plano mais próximo. A foliação principal (transversal ao canivete) é 275Az/56°/185Az..... 39
- Fotografia 4.9-** Porção migmatizada do xisto apresentando dobras normais apertadas (em lagedo). Plano axial: subvertical/220Az (porção norte da área)..... 40
- Fotografia 4.10-** Paragnaisse com granulação fina, em corte, foliação verticalizada e lineação horizontal (porção norte da área). A foliação é 253Az/89°/343Az..... 41
- Fotografia 4.11-** Paragnaisse milonitizado, indicando movimento dextral (lagedo) (porção norte da área). A foliação é 75Az/71°/165Az..... 41
- Fotografia 4.12-** Porfiroclasto do tipo sigma em paragnaisse, indicando movimento dextral (lagedo) (porção norte da área). Foliação:261Az/88°/351Az..... 42
- Fotografia 4.13-** Foliação e lineação bem marcadas no paragnaisse da porção norte da área Domínio 02. A foliação é 100Az/61°/190Az, e juntamente com lineação foi gerada pela deformação que provocou o terceiro dobramento..... 42
- Fotografia 4.14-** Dobras transpostas dentro da foliação da rocha calcissilicática, feição típica de evolução de milonitos (porção norte da área). Esta foliação é a principal: 284Az/88°/194Az..... 42
- Fotografia 4.15-** *Boudins* assimétricos indicando sentido de transporte para noroeste, dentro da foliação do paragnaisse (corte na porção sudoeste da área). A foliação é 43

276Az/40°/6Az.....

## **CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO**

<b>Fotografia 6.1-</b> Xisto no limite do Complexo Sertânia, dentro da ZCCCN, intrudido por <i>sheet</i> granítico.....	70
<b>Fotografia 6.2-</b> Xisto no Complexo Vertentes (a sul da ZCCCN).....	70

# ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS

---

---

## CAPÍTULO 3 – GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA

<b>Fotomicrografia 3.1-</b> Porção félsica do ortognaisse bandado. Apresenta biotita e anfibólio distribuídos em meio a matriz quartzo-feldspática (sob nicóis paralelos).....	19
<b>Fotomicrografia 3.2-</b> Porções máficas dos ortognaises bandados, contendo biotita e anfibólio (sob nicóis paralelos).....	19
<b>Fotomicrografia 3.3-</b> Porção félsica do ortognaisse bandado. Apresenta predominantemente quartzo e feldspato (sob nicóis paralelos).....	19
<b>Fotomicrografia 3.4-</b> Mirmequita no ortognaisse bandado (sob nicóis cruzados).....	20
<b>Fotomicrografia 3.5-</b> Anfibólio na banda máfica que alterna com os álcali-feldspato granitos (sob nicóis paralelos).....	20
<b>Fotomicrografia 3.6-</b> Pertita e microclina no ortognaisse granítico (rocha a norte da ZCCCN) (sob nicóis cruzados).....	21
<b>Fotomicrografia 3.7-</b> Antipertita no ortognaisse granítico (rocha a norte da ZCCCN) (sob nicóis cruzados).....	21
<b>Fotomicrografia 3.8-</b> Granada e biotita, em paragnaisse pelítico, a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).....	24
<b>Fotomicrografia 3.9-</b> Minerais opacos junto a biotita em paragnaisse a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).....	25
<b>Fotomicrografia 3.10-</b> Grãos de zircão dentro da biotita nos paragnaises, a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).....	25
<b>Fotomicrografia 3.11-</b> Piroxênio alterando nos bordos para tremolita-actinolita (sob nicóis paralelos).....	31
<b>Fotomicrografia- 3.12-</b> Grande cristal de microclina, sofrendo sericitização (sob nicóis paralelos).....	32
<b>Fotomicrografia 3.13-</b> Grandes grãos de anfibólio (sob nicóis paralelos).....	32

# ÍNDICE DE TABELAS

---

---

## CAPÍTULO 5 - LITOGEOQUÍMICA

<b>Tabela 5.1-</b> Denominações, localidades, litologia e percentual (em peso) das amostras de metassedimentos analisadas em elementos maiores, menores e traços.....	50
<b>Tabela 5.2-</b> Valores extremos e a média (todos em %) dos principais óxidos nos metassedimentos, bem como comparação com os valores médios obtidos por Clarke e Washington (1924) para a crosta da Terra.....	50
<b>Tabela 5.3-</b> Denominações, localidades, litologia e percentual (em peso) das amostras de ortognaisses analisadas em elementos maiores, menores e traços.....	57
<b>Tabela 5.4-</b> Valores extremos e média (em %) dos principais óxidos nos ortognaisses e comparação com os valores médios obtidos por Clarke e Washington (1924), para a crosta da Terra.....	58

# SUMÁRIO

## AGRADECIMENTOS

## RESUMO

## ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....	IV
ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS.....	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	VIII
SUMÁRIO.....	IX

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... 1

1.1 - APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS .....	1
1.2 - MÉTODOS .....	1
1.2.1 - Levantamento bibliográfico .....	1
1.2.2 - Fotointerpretação .....	1
1.2.3 - Etapa de campo- mapeamento geológico básico .....	2
1.2.4 - Análises micropetrográficas .....	2
1.2.5 - Litogeoquímica de elementos maiores e traços.....	2
1.2.6 - Integração dos dados e elaboração da dissertação .....	2
1.3 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E VIAS DE ACESSO .....	2

## CAPÍTULO 2 - GEOLOGIA REGIONAL..... 4

2.1- INTRODUÇÃO.....	4
2.2 - DESCRIÇÃO DOS DOMÍNIOS.....	6
2.2.1 - Domínio Médio Coreaú (ou Domínio Noroeste do Ceará).....	6
2.2.2 - Domínio Ceará Central (ou Domínio Cearense).....	6
2.2.3 - Domínio Rio Grande do Norte.....	7
2.2.4 - Domínio Central, Zona Transversal ou Domínio da Zona Transversal.....	8
2.2.4.1 - “Terreno” Rio Capibaribe ou Faixa Pernambuco Leste.....	8
2.2.4.2 - “Terreno” Alto Moxotó.....	10
2.2.4.3 - “Terreno” Alto Pajeú.....	10
2.2.4.4 - “Terreno” Piancó-Alto Brígida.....	11
2.2.5 - Domínio Sul .....	11
2.2.6 - Domínio Pernambuco-Alagoas .....	12
2.3 - PLUTONISMO NO DOMÍNIO CENTRAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA.....	12

## CAPÍTULO 3 - GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA..... 14

3.1- INTRODUÇÃO.....	14
3.2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA GEOLOGIA LOCAL .....	14

3.2.1- “Terreno” Rio Capibaribe ou Faixa Pernambuco-Leste.....	14
3.2.2- “Terreno” Alto Moxotó.....	16
3.3- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS.....	17
3.3.1- Ortognaisses do embasamento.....	17
3.3.1.1- Petrografia.....	17
3.3.1.2- Micropetrografia.....	18
3.3.2- Rochas supracrustais.....	21
3.3.2.1- Paragnaisses pelíticos e quartzíticos.....	21
3.3.2.1.1- Petrografia.....	21
3.3.2.1.2- Micropetrografia.....	24
3.3.2.2- Xistos.....	25
3.3.2.2.1- Petrografia.....	25
3.3.2.2.2- Micropetrografia.....	26
3.3.3- Ortognaisse granítico eqüigranular.....	26
3.3.3.1- Petrografia.....	26
3.3.3.2- Micropetrografia.....	27
3.3.4 - Granitos.....	27
3.3.4.1- Petrografia.....	27
3.3.4.2- Micropetrografia.....	31
3.3.5 - Outras litologias.....	33
3.3.3.1- Petrografia.....	33
3.3.3.2- Micropetrografia.....	34
<b>CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>35</b>
4.1- INTRODUÇÃO.....	35
4.2 - DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	36
4.3 – ESTEREOGRAMAS E INTERPRETAÇÕES.....	43
4.4 – DOBRAMENTOS.....	47
<b>CAPÍTULO 5 – LITOGEOQUÍMICA.....</b>	<b>49</b>
5.1- INTRODUÇÃO.....	49
5.2- METASSEDIMENTOS.....	50
5.3- ORTOGNAISSES.....	57
<b>CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
6.1- INTRODUÇÃO.....	69
6.2- CONFRONTOS PETROGRÁFICOS.....	69
6.3- EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA.....	70
6.4- CONFRONTOS GEOQUÍMICOS.....	72
<b>CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A: COORDENADAS E LITOLOGIAS DOS AFLORAMENTOS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO B: MAPAS .....</b>	95
ANEXO B.1: MAPA DE AFLORAMENTOS VISITADOS .....	97
ANEXO B.2: MAPA GEOLÓGICO .....	99
ANEXO B.3: MAPA COM CRITÉRIOS DE CISALHAMENTO E CORTES GEOLÓGICOS .....	101
<b>ANEXO C: DESCRIÇÕES DE SECCÕES DELGADAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO D: ANÁLISES LITOGEOQUÍMICAS.....</b>	132
METASSEDIMENTOS .....	133
ORTOGNAISSES.....	139

# 1 - INTRODUÇÃO

---

---

## 1.1 - APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS

---

A Zona Transversal, na Província Borborema, é uma região cuja origem encontra-se em debate, existindo atualmente dois modelos para explicar sua evolução tectônica. O primeiro defende a idéia de que esta porção da província seja resultado de amalgamento de terrenos tectônicos no Eoneoproterozóico (980-950Ma), no evento Cariris Velhos, considerado por alguns como uma orogênese (e retrabalhado no Brasiliano, final do Neoproterozóico) (Santos *et al.*, 1997; 1999). O segundo defende a hipótese de que a Província Borborema seja um orógeno predominantemente intracontinental brasileiro, e o evento Cariris Velhos é considerado apenas como um evento de rifteamento (Neves e Mariano, 2001; Neves, 2003).

A Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste (ZCCCN) é considerada como o limite entre os terrenos Alto Moxotó (TAM), ao norte, e Rio Capibaribe (TRC), ao sul. O objetivo deste trabalho foi comparar a geologia nos lados opostos da ZCCCN, procurando verificar se existem diferenças significativas entre o TAM e o TRC e avaliar se os ortognaisses poderiam ter fornecido material para os metassedimentos.

## 1.2 - MÉTODOS

---

O trabalho foi constituído de cinco etapas, abaixo explicitadas:

### **1.2.1 - Levantamento bibliográfico**

Breve conhecimento geral da área, com aquisição de dados através de livros, artigos, Internet, além do mapa na escala 1 : 500.000 e texto explicativo da CPRM do projeto “Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba” (Santos *et al.*, 2002). Utilizou-se ainda a carta topográfica da Folha Surubim, na escala 1:100.000.

### **1.2.2 - Fotointerpretação**

Interpretação de fotografias aéreas da área na escala 1 : 30.000, o que permitiu a delimitação dos principais corpos geológicos, bem como as principais feições estruturais.

## 1- INTRODUÇÃO

### **1.2.3 - Etapa de campo - mapeamento geológico básico**

Esta etapa consistiu no mapeamento de uma área a oeste de Aroeiras (PB), incluindo delimitação dos corpos geológicos (contatos), bem como na identificação das estruturas mais marcantes, medições de seus valores, procura de auxiliares na inferência de algumas condições vigentes na época de formação e/ou deformação. Foram coletadas amostras para análises petrográficas e químicas.

### **1.2.4 - Análises micropetrográficas**

Vinte e cinco secções delgadas foram descritas no Laboratório de Microscopia Óptica da UFPE, com o intuito de definir os tipos minerais, relações entre eles, percentuais, microestruturas e, por fim, ajudar na delimitação das diferentes litologias.

### **1.2.5 - Litogeoquímica de elementos maiores e traços**

Seleção de amostras procurando evitar amostras pouco representativas ou intemperizadas. Em seguida as amostras foram quebradas, moídas no Laboratório de Preparação de Amostras da UFPE, e enviadas ao ACME Analytical Laboratories Ltda, Goiana, Goiás, utilizando uma amostra repetida como controle de qualidade. Foram realizadas análises de elementos maiores, traços e terras raras, utilizados na caracterização geoquímica de ortognaisses e metassedimentos da área, bem como na inferência de ambientes tectônicos e tentativa de identificar o protólito dos metassedimentos.

### **1.2.6 - Integração dos dados e elaboração da dissertação**

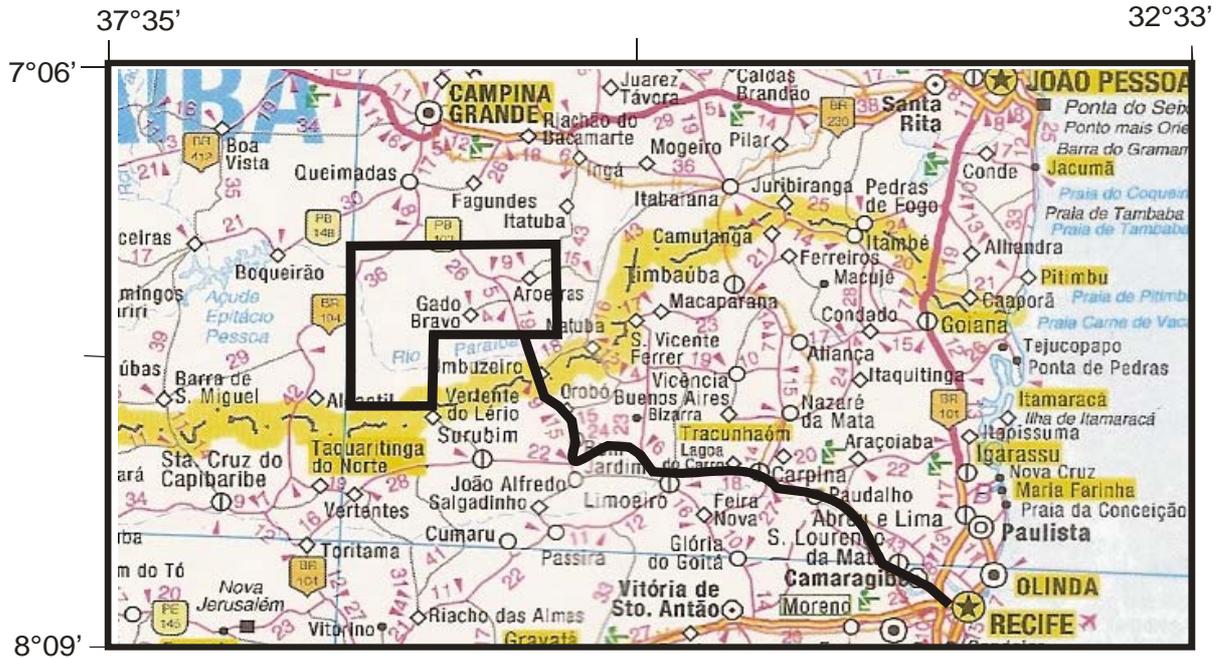
Confronto do mapa obtido na fotointerpretação com os dados verificados no campo, interpretação à luz da bibliografia atual, confronto dos dados petrográficos com o mapa existente da área e com dados do Complexo Caicó e elaboração de um mapa final em escala 1 : 100.000.

## **1.3 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E VIAS DE ACESSO**

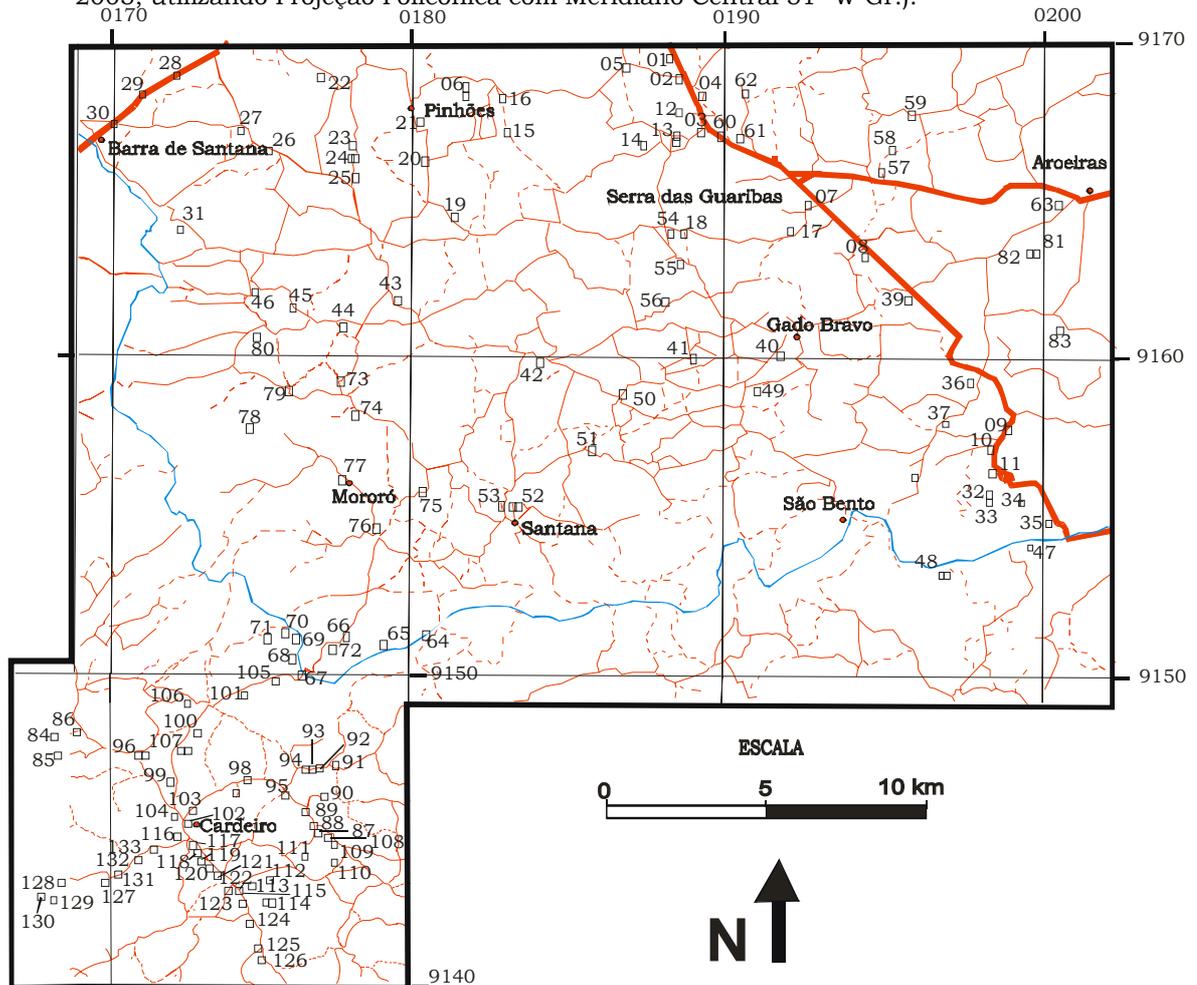
A área estudada localiza-se no estado da Paraíba (NE do Brasil), a sul de Campina Grande, ficando a oeste da cidade de Aroeiras, Paraíba (delimitada pelas coordenadas 168,8KmE - 9169,7KmN; 204,2KmE - 9169,7KmN; 204,2KmE - 9150KmN; 180KmE - 9150KmN; 180KmE - 9140KmN; 168,8KmE - 9140KmN - origem da quilometragem utm “equador e meridiano 33° w gr”, acrescidas as constantes: 10.000km e 500km respectivamente).

## 1- INTRODUÇÃO

O acesso à área se faz de Recife a Carpina, Limoeiro (PE), Umbuzeiro, então Aroeiras (PB) (figura 1.1). A figura 1.2 mostra pontos de afloramentos mapeados.



**Figura 1.1-** Mapa de acesso à área, com delimitação da mesma (Guia Quatro Rodas, 2005, utilizando Projeção Policônica com Meridiano Central 51° W Gr.).



**Figura 1.2-** Mapa de localização dos afloramentos, com identificação das principais localidades.

## 2 - GEOLOGIA REGIONAL

---

---

### 2.1 - INTRODUÇÃO

---

Província Borborema é o nome dado à região situada a norte do Cráton São Francisco, delimitada a leste e norte pelo Oceano Atlântico e a oeste, pela Bacia Parnaíba (Almeida *et al.*, 1977). Consiste em faixas de dobramentos separadas por extensas zonas de cisalhamento (Brito Neves *et al.*, 1995), embasamento gnáissico e migmatítico e intrusões ígneas.

Toda a região foi submetida à Orogênese Brasiliana, ocorrida na passagem do Pré-Cambriano para o Paleozóico (entre 650 e 520 milhões de anos atrás). Esta orogênese foi responsável pelo grande sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes sinuosas, ramificadas e anastomosadas (Vauchez *et al.*, 1995), perceptíveis em imagens de satélite e fotografias aéreas. Tais estruturas foram utilizadas por diferentes autores (Brito Neves *et al.*, 1975; Caby *et al.*, 1991; Vauchez *et al.*, 1995, Van Schmus *et al.*, 1995) para dividir a Província Borborema em domínios geotectônicos, gerando diferentes propostas. Neste trabalho será considerada a existência de cinco principais (figura 2.1), divisão esta utilizada por Davison (1987/1989), Jardim de Sá *et al* (1992), Jardim de Sá (1994), Santos (1996), Campelo (1999), Santos *et al* (1999), Santos (1999, 2000) e apresentada em Brito Neves *et al.* (2000):

Domínio Médio Coreaú

Domínio Ceará Central

Domínio Rio Grande do Norte

Domínio da Zona Transversal

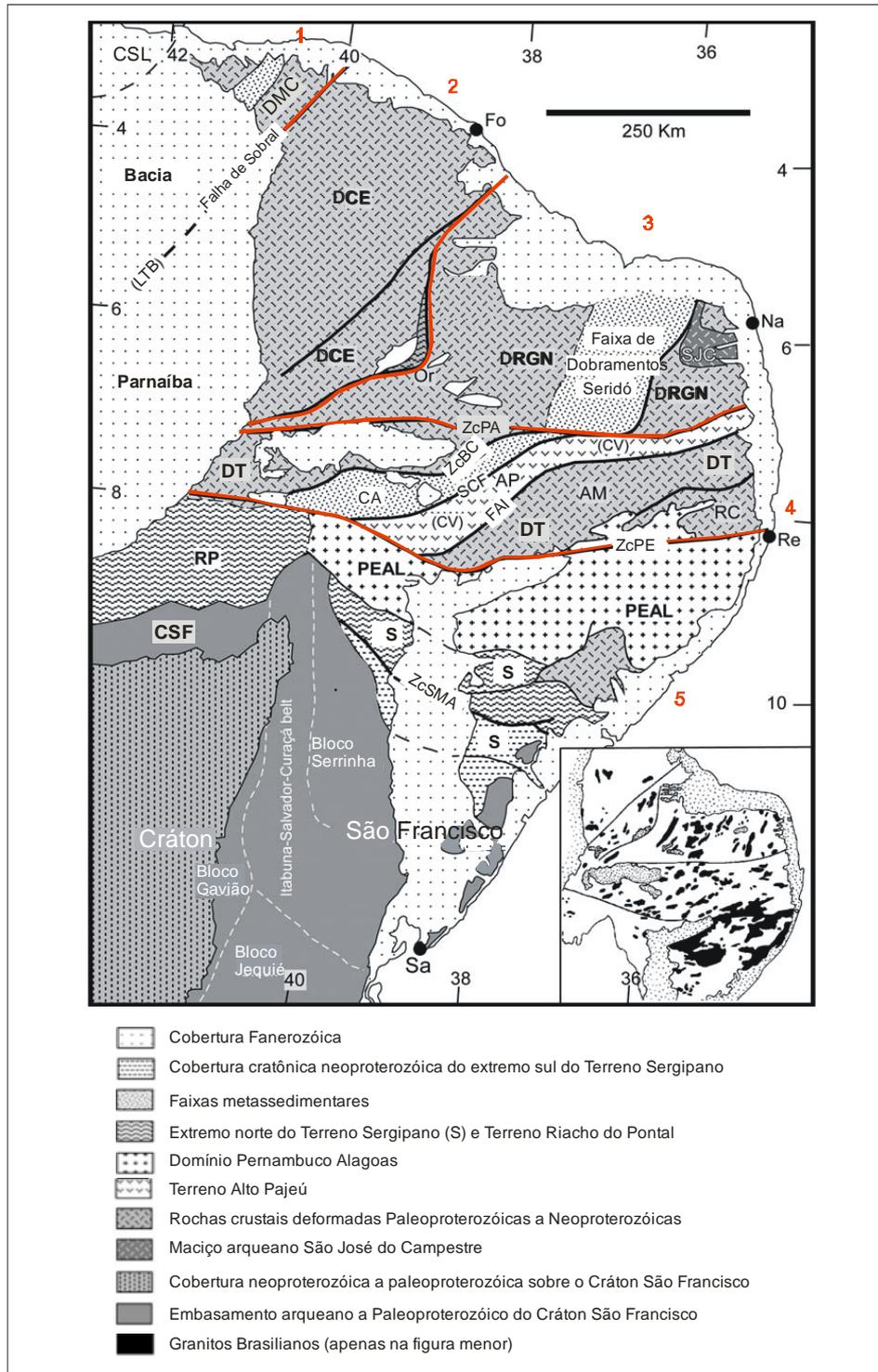
Domínio Sul

Estes domínios têm diferentes significados nos dois modelos propostos sobre a evolução geológica da Província Borborema:

**Modelo (a)** Colagem de terrenos distintos (Brito Neves *et al.*, 1995). Nesta abordagem, esses domínios teriam sido terrenos originalmente separados por oceanos.

**Modelo (b)** Esta região seria intracratônica e teria sido deformada devido à atuação de esforços transmitidos para o interior do continente por uma colisão mais distal (Neves e Mariano, 2001; Neves, 2003). Neste caso, os domínios teriam sempre feito parte de um único terreno.

2- GEOLOGIA REGIONAL



**Figura 2.1-** Província Borborema com domínios e principais terrenos indicados: (1) Domínio Médio Coreaú (DMC); (2) Domínio Ceará Central (DCE), com a faixa de dobramento Orós (Or), de 1,8Ga; (3) Domínio Rio Grande do Norte (DRGN), com o núcleo arqueano São José do Campestre (SJC); (4) Domínio Transversal (DT), com os terrenos Alto Pajeú (AP), Alto Moxotó (AM) e Rio Capibaribe (RC) e faixas Cachoeirinha (CA) e Cariris Velhos (CV); (5) Domínio Sul, subdividido nos terrenos Sergipano (S) e Riacho do Pontal (RP). (6) Domínio Pernambuco Alagoas (PEAL). A sul, o Cráton São Francisco (CSF), e a oeste, o Cráton São Luís (CSL); Zonas de cisalhamento: ZCAI- Zona de Cisalhamento Afogados da Ingazeira; ZCBC- Zona de Cisalhamento Boqueirão dos Conchos; ZCPA- Zona de Cisalhamento Patos; ZCPE- Zona de Cisalhamento Pernambuco; ZCSC- Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo; ZCSMA- Zona de Cisalhamento São Miguel do Aleixo; LTB- Lineamento Transbrasiliano. Cidades: Fo-Fortaleza; Na-Natal; Re-Recife; Sa-Salvador. Imagem menor: distribuição geral de plútons Brasileiros (figura modificada de Van Schmus *et al.* 2008).

Outro debate que existe envolvendo a Província Borborema é sobre ter havido apenas uma orogênese (o ciclo Brasileiro) afetando as seqüências supracrustais (Archanjo e Salim, 1986; Caby e Arthaud, 1986; Caby *et al.*, 1995) ou duas. A segunda seria o evento Cariris Velhos, com idade entre 980 a 920 milhões de anos (Brito Neves *et al.*, 1995, 2000). No primeiro caso, o evento Cariris Velhos é interpretado como uma fase de rifteamento, a partir da qual teria se formado uma bacia, que teria sido deformada durante o Ciclo Brasileiro.

Em linhas gerais, os domínios são compostos por um embasamento de rochas gnáissicas e migmatíticas de idades paleoproterozóicas incluindo pequenos fragmentos crustais arqueanos (Dantas *et al.* 1998, 2004) e coberturas metassedimentares que vão desde o Paleoproterozóico superior ao Neoproterozóico (Sá *et al.* 1991, Van Schmus *et al.* 2003).

## **2.2 - DESCRIÇÃO DOS DOMÍNIOS**

### **2.2.1 - Domínio Médio Coreaú (ou Domínio Noroeste do Ceará)**

Compõe-se por granulitos e gnaisses dioríticos, tonalíticos e granodioríticos do Paleoproterozóico (Hackspacher *et al.*, 1990) e por metassedimentos intercalados por rochas tanto de origem plutônica quanto vulcânica, chegando à idade cambriana (Caby *et al.*, 1991). Gnaisses tonalíticos a granodioríticos forneceram idades U-Pb em zircão entre 2,36 e 2,30Ga, ou seja, bem antes do evento Transamazônico (Fetter *et al.*, 2000).

O embasamento forneceu idades T(DM) (Sm-Nd, rocha total) de 2,38 a 2,61Ga (maioria entre 2,42 e 2,48Ga). Zircões de metassedimento de fácies granulito geraram dois conjuntos de interceptos: 2,34 e 2,28Ga (Fetter *et al.*, 2000). Rochas vulcânicas e plutônicas foram datadas por Fetter (1999) e por Santos *et al.* (1998), fornecendo idades de cerca de 800Ma

### **2.2.2 - Domínio Ceará Central (ou Domínio Cearense)**

O embasamento é composto por ortognaisses félsicos de alto grau metamórfico e migmatitos (tonalíticos a granodioríticos em sua maioria). Os ortognaisses foram datados através do método U-Pb, fornecendo idades de 2,10 a 2,11Ga (porção norte do domínio) e de 2,13 a 2,14Ga (porção sul); dados de rocha total por Sm-Nd variam de 1,98 a 2,44Ga e os valores de  $\epsilon_{Nd}$ , positivos para a maioria das amostras, indicam que a maior parte da crosta é juvenil (Fetter *et al.*, 2000).

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

A porção sudeste do domínio tem idades arqueanas: dados U-Pb em rochas vulcânicas e sedimentares forneceram idades de 2,78Ga, e o embasamento de tais rochas sugere idades ainda mais antigas (Fetter *et al.* 1997).

Vários complexos supracrustais cavalgam terrenos deste domínio e do vizinho (Santos *et al.* 1999).

### **2.2.3 - Domínio Rio Grande do Norte**

Subdivide-se nos “terrenos” Jaguaribe - Oeste Potiguar, Rio Piranhas (embasamento da Faixa Seridó) e São José do Campestre (denominado Maciço Caldas Brandão por Brito Neves, 1975). Distribui-se nos estados Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Seu limite a oeste é dado pela Zona de Cisalhamento Orós e a sul, pela Zona de Cisalhamento Patos. A norte e leste, o limite é dado pelo Oceano Atlântico.

Sá *et al.* (1997) dataram zircões do *augen* gnaisse Jaguaribe através do método U-Pb e obtiveram discórdias com intercepto superior de  $1.774 \pm 24$ Ma.

O embasamento do domínio pertencente ao estado do Ceará é composto por paragnaisses e xistos e, em menor quantidade, por ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, a maior parte tendo sido submetida a migmatização, que atingiu diversos estágios (Caby *et al.*, 1991). Análises em zircões nos ortognaisses do embasamento mostram que apenas a parte da crosta enriquecida que data do meio do Paleoproterozóico tem o intercepto superior em 2.191Ma.  $Pb^{207}/Pb^{206}$  de outra amostra restringe idade entre 2,013 e 2,061Ga (Fetter *et al.*, 2000). Idades modelo Sm-Nd dessas amostras forneceram idades de 2,61 e 2,54Ga, respectivamente, o que indica incorporação de componente crustal mais antigo. Para paragnaisses e xistos, ainda do embasamento, foram obtidas idades modelo de 2,43 a 2,73Ga. Tal influência ocorre mais intensamente a leste, na porção denominada maciço ou “Terreno” Rio Piranhas, onde idades  $T_{DM}$  variam de 2,62 a 2,76Ga (Van Schmus *et al.*, 1995).

Dantas *et al.* (1997 e 2004) encontram evidências de três fases de petrogênese arqueana para o Maciço São José do Campestre. Ortognaisses tonalíticos com intercalação de anfíbolitos e meta-ultramáficas forneceram idades convencionais U-Pb de  $3.412 \pm 8$ Ma. A mesma amostra teve zircões analisados por SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion MicroProbe*), o que resultou em idades máximas de 3,5 Ga. Também foram datados zircões de um biotita-ortognaisse, gerando idade de  $3.255 \pm 04$ Ma; um anortosito gabróico forneceu idades de  $3.033 \pm$

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

03Ma e sienogranitos de  $2.683 \pm 07\text{Ma}$ . Estas duas últimas litologias apresentam ainda grãos do Neoproterozóico, indicando metamorfismo brasileiro.

A Faixa Seridó inclui porções supracrustais plataformais provavelmente turbidíticos (Jardim de Sá, 1994). Van Schmus *et al.* (2003) dataram zircões detríticos do Grupo Seridó por SHRIMP, resultando em idades mínimas de  $655 \pm 7\text{Ma}$ , as quais correspondem, portanto, à idade máxima de deposição. Esta faixa é caracterizada por transpressão a baixa pressão e altas temperaturas (Archanjo e Bouchez, 1991; Caby *et al.*, 1991; Jardim de Sá, 1994), que se mantiveram elevadas durante o Cambriano (Corsini *et al.*, 1998; Souza *et al.*, 1998).

### **2.2.4 - Domínio Central, Zona Transversal ou Domínio da Zona Transversal**

A Zona transversal está localizada entre o Domínio Rio Grande do Norte, do qual é separada pela Zona de Cisalhamento Patos (dextral, de direção E-W), e Domínio Sul, do qual é separada pela Zona de Cisalhamento Pernambuco (ou Lineamento Pernambuco) (igualmente dextral, de direção E-W). A Zona Transversal caracteriza-se por dispor de outras zonas de cisalhamento, estas sinistrais, de direção NE-SW.

Alguns autores (Santos *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 1998; Santos e Medeiros, 1999; Brito Neves *et al.*, 2000, 2001b; Santos *et al.*, 2004) interpretam o Domínio Central como resultado de um orógeno colisional, subdividindo-o em quatro terrenos, que receberam as seguintes designações (de leste para oeste): Terreno Rio Capibaribe, Terreno Alto Moxotó, Terreno Alto Pajeú e Terreno Piancó Alto-Brígida ou faixa Cachoeirinha. A área deste trabalho encontra-se no limite entre os terrenos Rio Capibaribe e Alto Moxotó. O mapeamento aeromagnético em Santos *et al.* (2002) mostra que o Terreno Alto Moxotó encontra-se entre os limites dados pela *Nappe* Serra de Jabitacá e pela ZCCCN, enquanto o Terreno Rio Capibaribe tem por limite a ZCCCN e o Lineamento Pernambuco.

#### **2.2.4.1 - “Terreno” Rio Capibaribe (TRC) ou Faixa Pernambuco Leste**

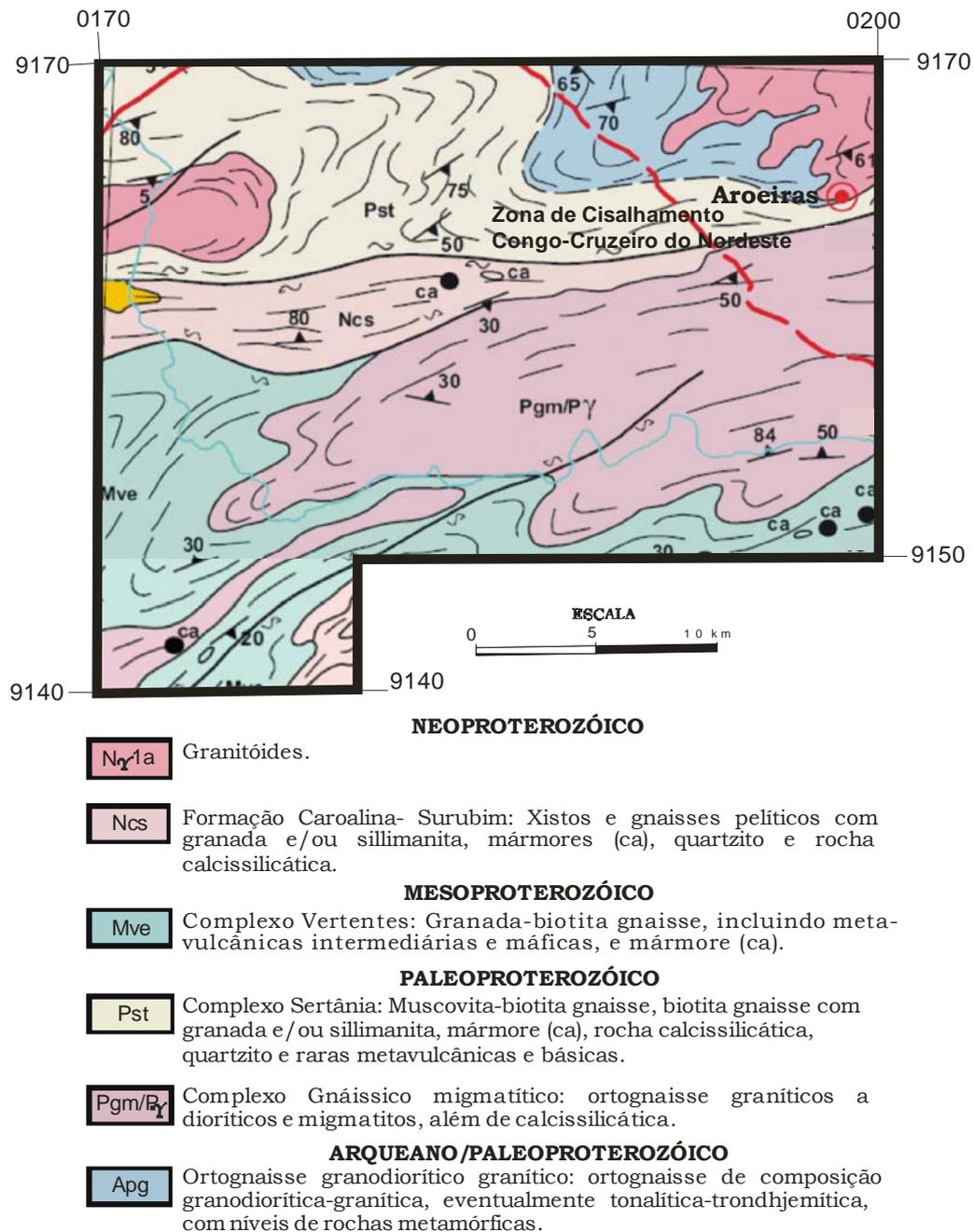
A denominação “Terreno Rio Capibaribe” é utilizada pelos autores que advogam uma origem através de colagem de terrenos, enquanto o termo “Faixa Pernambuco Leste” é empregado pelos autores que contestam esta interpretação.

O embasamento é composto por ortognaisses de idade 1,97 (Sá *et al.*, 2002) a 2,12Ga (Neves *et al.*, 2006) (paleoproterozóicos) e pelo ortognaisse Taquaritinga, mesoproterozóico, com idade 1,5 Ga (Sá *et al.*, 2002). Datações pelo método Pb-Pb em monozircões de ortognaisses graníticos a dioríticos que alojam o Batólito Brejo

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

da Madre de Deus revelaram valores de 2070 a 2090Ma (Melo, 2002 e Neves *et al.*, 2004).

Alguns autores separam os metassedimentos em duas faixas: Complexo Surubim (ou Formação Caroolina-Surubim) e Complexo Vertentes, descrevendo como diferença básica entre os dois a presença de rochas metavulcânicas no segundo (Santos *et al.*, 2000) (ver figura 2.2). Entretanto, outros autores, por não



**Figura 2.2-** Mapa geológico da área em estudo, resultante de mapeamento em escala 1:500.000 (Santos *et al.*, 2002).

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

encontrar tais metavulcânicas e pelo fato de na localidade - tipo aflorarem ortognaisses - e não metaturbiditos - consideram todos os metassedimentos como parte do Complexo Surubim (Neves *et al.*, 2006). Brasilino *et al.*, 2008, descrevem o Complexo Vertentes como uma unidade paleoproterozóica, composta por anfibólio - granada - biotita gnaisses e ortognaisses bandados de composição ígnea distinta.

Zircões detriticos do Complexo Surubim forneceram idades do Arqueano ao Neoproterozóico, com o grão mais jovem tendo idade de  $665 \pm 17\text{Ma}$  (Neoproterozóico). Leucossoma, em uma porção migmatizada, forneceu intercepto inferior de  $626 \pm 15\text{Ma}$ , interpretados como a idade de cristalização do leucossoma e, portanto, do metamorfismo de alto grau.

### **2.2.4.2 - “Terreno” Alto Moxotó (TAM)**

Este terreno caracteriza-se pela exposição de embasamento paleoproterozóico e rochas supracrustais metavulcanossedimentares (Santos *et al.*, 1997; Brito Neves *et al.*, 2000).

É dividido em Complexo Floresta, Complexo Lagoa das Contendas, Seqüência Caroalina e Complexo Sertânia. O primeiro abrange os ortognaisses paleoproterozóicos - também chamados de terreno gnáissico-migmatítico, os quais foram datados pelo método U-Pb em zircão, fornecendo concórdia superior de  $2115 \pm 30\text{Ma}$ , e analisados pelo método Sm-Nd, fornecendo  $T_{DM}$  de 2,3Ga. Os três restantes são seqüências supracrustais: o Complexo Lagoa das Contendas abrange uma seqüência metavulcânica com idade de  $1012 \pm 18\text{Ma}$  (Santos *et al.*, 1994 e Santos, 1995). A seqüência Caroalina engloba micaxistos e o Complexo Sertânia compreende rochas metassedimentares originadas em ambiente continental. Este último teve zircões datados por Santos *et al.* (2004), pelo método U-Pb SHRIMP, que forneceram idades em torno de 2,0Ga.

### **2.2.4.3 - “Terreno” Alto Pajeú (TAP)**

Este terreno é a localidade tipo do evento Cariris Velhos e sua principal unidade é o Grupo São Caetano, composto por rochas metassedimentares intercaladas com rochas metavulcânicas e metavulcanoclásticas. Esta seqüência foi datada por Santos *et al.* (1994), utilizando o diagrama de concórdia U-Pb. Obtiveram para o intercepto superior o valor  $1089 \pm 143\text{Ma}$ . Este valor assemelha-se ao dos metagranitóides que também ocorrem na região, datados no mesmo trabalho. Os metagranitóides forneceram idades modelo de 1,61 e 1,42Ga.

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

Um outro complexo importante é o Complexo Riacho Gravatá, composto por rochas metavulcano-sedimentares (Barbosa, 1970; Campos Neto *et al.*, 1994; Bittar, 1998; Santos *et al.*, 2002). Medeiros (2004) realizou datações em *augen* gnaisses e ortognaisses graníticos intrusivos neste Complexo, através do método U-Pb em zircões. As idades obtidas encontram-se entre 960 a 940 Ma, consistentes com valores publicados por Neves *et al.* (2001) e Kozuch (2003). Em referência aos litotipos metavulcânicos, Medeiros, 2004 abrange as idades de 965 a 980 ±11Ma, dadas em Van Schmus *et al.* 1995, Brito Neves *et al.* 2001b e Kozuch 2003.

### **2.2.4.4 - “Terreno” Piancó-Alto Brígida (TPAB)**

Este terreno compreende supracrustais neoproterozóicas do Grupo Cachoeirinha (formações Santana do Garrote e Serra do Olho d'Água) e uma seqüência metavulcanossedimentar (principalmente metassedimentar) intrudida por plútons brasileiros (granodioritos e granitos, álcali-feldspato sienitos e, mais raramente, gabros e dioritos). Tanto neste terreno como no anterior, observa-se uma deformação tangencial com transporte para noroeste (Medeiros, 2004).

Caby *et al.* (1991) descrevem que na porção norte deste terreno ocorrem dobras assimétricas associadas a uma clivagem ardosiana de alto ângulo; na porção sul, partes mais profundas da crosta são expostas, apresentando foliação de baixo ângulo com vergência para sul, além de apresentar dobras isoclinais de direção E-W, ambos contemporâneos com metamorfismo progressivo, chegando a apresentar granada e estauroлита, não apagando por completo, entretanto, feições sedimentares.

### **2.2.5 - Domínio Sul**

Brito Neves *et al.* (2000) o subdividem em três porções: Terreno Riacho do Pontal, Terreno Sergipano e Terreno Rio Preto.

O Domínio Riacho do Pontal abrange sedimentos *flysch* metamorfizados (em grau baixo a intermediário) e micaxistos empurrados sobre gnaisses do Cráton São Francisco (Jardim de Sá *et al.*, 1991). Os terrenos Rio Preto e Sergipano apresentam, no seu extremo sul, rochas supracrustais neoproterozóicas com seqüências estratigráficas similares, típicas de coberturas cratônicas. Seqüências mais distais apresentam rochas plutônicas e vulcano-sedimentares (Brito Neves *et al.*, 2000). O metamorfismo no Terreno Sergipano é predominantemente de baixo grau; apenas o Grupo Macururé na transição para o Domínio Pernambuco-Alagoas é de mais alto grau.

### **2.2.6 - Domínio Pernambuco-Alagoas**

É composto principalmente por sedimentos migmatizados, migmatitos graníticos e batólitos granodioríticos. Os batólitos na porção leste são descritos em Da Silva Filho *et al.* (2002) e são denominados Garanhuns ( $570 \pm 25\text{Ma}$ , Pessoa *et al.*, 1978), Ipojuca-Atalaia, Marimbondo-Correntes (em torno de  $590\text{Ma}$ , Da Silva Filho *et al.*, 1997), Buíque-Paulo Alonso e Águas Belas – Canindé (em torno de  $580\text{Ma}$ , Da Silva Filho *et al.*, 1997). Neves *et al.* (2008) descrevem o ortognaisse Jupi e os plútons Cachoeirinha e Cabanas, os quais forneceram idades U-Pb de cristalização de  $606 \pm 8\text{Ma}$ ,  $587 \pm 8\text{Ma}$  e  $573 \pm 8\text{Ma}$ , respectivamente.

### **2.3 - PLUTONISMO NO DOMÍNIO CENTRAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA**

Durante o Neoproterozóico, foram produzidos vários corpos graníticos na Província Borborema, começando ainda no mesoproterozóico, com o evento Cariris Velhos (980 a 920 Ma), sendo seguido pela Orogênese Brasileira, com idade em torno de 520-650 Ma.

Ferreira *et al.* (1998) classificam os corpos plutônicos brasileiros de toda a Província Borborema em nove tipos: (1) granitóides sem epidoto magmático, cálcio alcalinos e ricos em potássio; (2) granitóides pobres em epidoto magmático, cálcio alcalinos e ricos em potássio; (3) granitóides pobres em epidoto magmático, cálcio alcalinos; (4) granitóides trondhjemíticos; (5) granitóides peralcalinos; (6) granitóides shoshoníticos; (7) granitóides cálcio-alcalinos peraluminosos; (8) granitóides metaluminosos rico em K; (9) granitóides peralcalinos ultrapotássicos.

Os dioritos cálcio-alcalinos de alto potássio, que ocorrem em diferentes terrenos da Província Borborema, tiveram sua geoquímica e assinaturas isotópicas de Sm-Nd estudadas por Mariano *et al.* (2001). Os resultados (idade  $T_{DM}$  de 1,7 a 2,0Ga, padrão dos elementos terras raras moderado a altamente fracionados e enriquecimento em terras raras leves) levaram os autores à conclusão de que a formação das rochas tenha se dado por fusão parcial de fontes semelhantes, sendo contra a idéia de acreção de terrenos.

Os granitóides da Faixa Piancó-Alto Brígida são classificados como cálcio-alcalinos (tipo Conceição), K-calcio-alcalinos (tipo Itaporanga) e peralcalinos (tipo Catingueira) (Sial *et al.*, 1986; Medeiros, 2004).

Guimarães *et al.* (2004), dividiram os granitos do Neoproterozóico dos terrenos Alto Moxotó e Alto Pajeú em quatro tipos, baseando-se em composição e idades geradas a partir de análises em zircões pelos métodos U-Pb e, para rocha

## 2- GEOLOGIA REGIONAL

total, Rb-Sr: (a) Entre 620 e 600Ma: granitóides do tipo I, cálcio-alcálicos, de médio a levemente alto potássio, relacionados ao pico do metamorfismo; (b) 590 e 581 Ma: granitóides cálcio-alcálicos de alto potássio e granitóides shoshoníticos; (c) 570Ma: granitóides pós-colisionais alcálicos; (d) 540 a 520Ma: granitos tipo A, pós-orogênicos. Brito Neves *et al* (2003) forneceram idades de cristalização U-Pb em zircão do Plúton Tavares entre 640 e 610Ma e Guimarães e Da Silva Filho, idades (também U-Pb) do corpo Brejinho de  $635 \pm 5$  Ma.

No Terreno Rio Capibaribe, os principais corpos ígneos são o Batólito Caruaru-Arcoverde (associação de dioritos e granitos porfiríticos grossos), o Plúton Toritama e o Complexo Bom Jardim (compostos por sienitos a monzonitos pobres em quartzo eqüigranulares a porfiríticos) (Guimarães & Da Silva Filho, 1998; Neves *et al.*, 2000; Guimarães *et al.*, 2004). Datações foram realizadas em algumas das rochas: o Batólito Fazenda Nova (parte norte do Batólito Caruaru-Arcoverde) foi datado por Guimarães *et al.* (2004) (através do método U/Pb), fornecendo idade de  $588 \pm 12$ Ma. Uma idade de  $592 \pm 7$ Ma foi encontrada por Guimarães & Da Silva Filho (1998) para o Complexo Bom Jardim, que se assemelha ao Plúton Toritama; no mesmo trabalho as idades dos dois coincidem pelo método Rb-Sr.

## **3 - GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA**

---

---

### **3.1 - INTRODUÇÃO**

---

A área mapeada tem 776,6 km<sup>2</sup> e apresenta exposição do embasamento, cobertura metassedimentar e intrusões graníticas. O resumo dos afloramentos encontra-se no anexo A e o mapa resultante deste trabalho, no Anexo B.

O embasamento é encontrado a NE, centro norte, SW e NW da área e é representado por ortognaisses monzograníticos a tonalíticos. A cobertura metassedimentar ocorre por toda a área e consiste em xistos ricos em granada e biotita; paragnaisses, litologia mais abundante que se divide em pelíticos (também com granada) e quartzíticos; lentes de mármore e calcissilicáticas; metaarcósios. Há intrusões de corpos graníticos, sendo alguns gnaissificados e outros moderadamente cisalhados (de composição sienogranítica, monzogranítica ou quartzo-monzodiorítica).

As litologias foram afetadas por quatro gerações diferentes de dobramentos. Na porção norte, o dobramento mais evidente apresenta eixo de direção NW-SE. Na porção central, um dobramento com eixo E-W é mais nítido e na porção sul, outro com eixo NE-SW está bem definido.

A área é cortada por duas zonas de cisalhamento principais: a primeira, a norte, é a Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste (ZCCCN), com sentido sinistral; apresenta continuidade com a Zona de Cisalhamento Coxixola, esta de menor abrangência. A segunda, aproximadamente paralela à primeira, apresenta sentido de movimento dextral. Neste trabalho recebe o nome de Zona de Cisalhamento São Bento.

### **3.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA GEOLOGIA LOCAL**

---

#### **3.2.1 - “Terreno” Rio Capibaribe ou Faixa Pernambuco Leste**

Este terreno é composto por ortognaisses bandados, *augen* gnaisse granítico (ortognaisse Taquaritinga), rochas metassedimentares e intrusões. Os metassedimentos são a litologia mais abundante, dividindo-se em biotita gnaisse, biotita xisto, paragnaisses quartzo-feldspático, quartzito e mármore, localmente com pequenas lentes de para-anfibolito e de rochas calcissilicáticas. Quanto aos ortognaisses bandados, alternam bandas de composições dioríticas e graníticas (Neves *et al.*, 2006).

Em Neves *et al.* (2006), a idade mais antiga encontrada para os zircões da Formação Carolina - Surubim é de 3320Ma. Os zircões datados do Paleoproterozóico (2220Ma, 2060Ma a 1940Ma) (por U-Pb) correspondem ao Evento Transamazônico (principal evento de criação de crosta continental da Província Borborema, tendo gerado boa parte do embasamento). Os grãos do Mesoproterozóico (1200 a 1150Ma) não têm uma origem bem definida, pois não há rochas desta idade na Província Borborema. Quanto aos grãos de idades 860 a 760Ma e  $665 \pm 17$ Ma, refletem deposição no final do Neoproterozóico. Idades de  $626 \pm 15$ Ma foram obtidas de zircões do leucossoma dos paragneisses; estão dentro do período da Orogênese Brasileira.

Ortognaisses e rochas supracrustais apresentam fina foliação gnáissica, à qual está associada uma lineação de estiramento (de direção ESE-WNW para as supracrustais e NE-SW para os ortognaisses). Esta foliação está cortada por zonas de cisalhamento transcorrentes e dobramentos recumbentes a normais. Na seqüência metassedimentar há vários indicadores cinemáticos mostrando cisalhamento com topo para WNW (Neves *et al.*, 2006).

São várias as zonas de cisalhamento relacionadas ao TRC: a ZCCCN, que o separa do TAM; a Zona de Cisalhamento Coxixola, a oeste da mesma, e a Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste.

Estudos termobarométricos foram conduzidos nas rochas pelíticas da folha Surubim, tendo sido obtidos resultados de 8,0 kbar e de 645-750°C para pressão e temperatura regionais, respectivamente (Silva *et al.*, 1998). Segundo os autores, tal pressão traz implicações sobre a geologia estrutural regional, dado que indica 25 a 26km de profundidade, o que por sua vez implica espessamento crustal via nappismo. Devido a presença de sillimanita e granada e a migmatização local, sabe-se que a região foi atingida por metamorfismo de altas temperaturas (Neves *et al.*, 2006). Já em Neves *et al.* (2005b), a idade de 2200 a 2100Ma (Transamazônica) foi sugerida como pico de metamorfismo de alto grau no Paleoproterozóico e a idade de  $619 \pm 36$ Ma, como metamorfismo de alta temperatura no Neoproterozóico (orogênese Brasileira), atingindo as condições de metamorfismo de fácies anfibolito alto. Referente a este último metamorfismo, Neves *et al.* (2000) obtiveram valores para pressão e temperatura de 575MPa e 670°C.

O ortognaisse Taquaritinga, com idade U-Pb em zircão de 1521Ma (Sá *et al.*, 2002) é rico em Ba, Th, Zr, Nb e Y, com padrões de LREE a HREE altamente fracionados e anomalia negativa de Eu pronunciada, sugerindo um protólito granítico do tipo A.

### **3.2.2 - “Terreno” Alto Moxotó**

As supracrustais deste terreno são gnaisses migmatíticos separados em três grupos: Complexo Sertânia, com protólito essencialmente pelítico (Santos 1971, 1977); Complexo São Caetano, com protólito psamítico e Complexo Floresta, com protólito vulcano-sedimentar.

Os complexos do TAM foram submetidos a diferentes graus de metamorfismo: a Formação Caroalina - Surubim engloba micaxistos resultantes de grau de metamorfismo médio. Particularmente o Complexo Sertânia (que compreende rochas metassedimentares originadas em ambiente continental) foi melhor estudado por Santos (1977), que atribuiu a esta região metamorfismo na fácies anfibolito alto, associado ao primeiro evento deformacional.

O complexo Sertânia encontra-se dentro da área de estudo, de forma que será o mais focado. Suas associações litológicas envolvem metagrauvacas, granada biotita gnaisse com ou sem sillimanita, intercalações de mármore, xistos vulcanoclásticos, pouco quartzito, rocha calcissilicática e anfibolito. Há ocorrência de intrusões graníticas tabulares migmatizadas.

As zonas de cisalhamento que estão relacionadas ao TAM são a ZCCCN, que o separa do Terreno Rio Capibaribe, alguns cisalhamentos próximos à Serra dos Cariris Velhos (NW do TAM) e um na porção NE do terreno. O que separa o TAM do Terreno Alto Pajeú é a *nappe* Serra de Jabitacá (Santos *et al.*, 2000), com transporte para WNW e NW, confirmando acavamento do TAM sobre o TAP.

O TAM sofreu pelo menos duas fase de deformações. Uma foi responsável pelas zonas de cisalhamento de baixo ângulo e dobras reviradas, isoclinais e recumbentes. A fase seguinte foi responsável pelo redobramento das primeiras gerando agora dobras de simétricas a assimétricas mais ou menos apertadas, com plano axial que varia de vertical a horizontal (Santos *et al.*, 2004). Brito Neves *et al.* (2001) descrevem esta unidade como rochas desenhando uma antiformal assimétrica, cujo eixo apresenta direção aproximada E-W. Esta antiforme está limitada a norte e a sul pelos terrenos adjacentes, uma vez que são separados entre si por outras zonas de cisalhamento, e estas truncam a dobra.

Santos *et al.* (2004) realizaram datações  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  em zircões do complexo Sertânia, obtendo os seguintes resultados: zircões com zonação oscilatória datam de  $2126 \pm 26\text{Ma}$  e zircões ovais a prismáticos apresentam mesma datação ou 2200 e 1950Ma. Assim, devem derivar de um terreno paleoproterozóico no qual predominam rochas formadas em um curto intervalo de tempo. Sobrecrescimentos foram datados, fornecendo idades muito mais jovens, não precisas, mas

aparentemente refletem metamorfismo neoproterozóico. Os autores ainda dataram zircões do complexo Sertânia através do método Sm-Nd. Para dois biotita-gnaisses, obteve-se idades modelo de 2,47 e 2,48Ga, e para outros biotita gnaisses, xisto e rocha vulcanoclástica, obtiveram idades modelo  $T_{DM}$  de 2,69 a 2,74Ga, com  $\epsilon_{Nd(t)}$  negativo, indicando crosta retrabalhada.

Para o embasamento, relacionado ao Complexo Floresta, foram obtidas idades  $^{207}Pb/^{206}Pb$  similares ( $2008 \pm 21Ma$ , coincidente com as idades obtidas em Concórdia U-Pb por Brito Neves *et al.*, 2001).

### 3.3 - DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

#### 3.3.1 - Ortognaisses do embasamento

##### 3.3.1.1 - Petrografia

Ortognaisses bandados foram encontrados nas porções centro-norte, norte, noroeste e sudoeste da área. As bandas têm contato brusco, típico de rochas metaígneas. Os ortognaisses bandados ocorrem em granulação predominante fina (às vezes média) e apresentam foliação dada por biotita. Apresentam localmente migmatização com estrutura estromática, bandas de anfibolitos, granada-anfibolito, diques pegmatíticos ou graníticos (granito cinza, também gnaissificado), veios de quartzo; a foliação pode ser encontra verticalizada, sem indícios de milonitização.

As bandas félsicas deste ortognaisse são bastante claras e mais espessas, têm composição monzogranítica e apresentam megacristais de feldspato em matriz mais fina; por vezes biotita define foliação. Apresentam de 3 a 8cm de espessura, podem ser descontínuas e quartzo e plagioclásio são facilmente identificáveis.

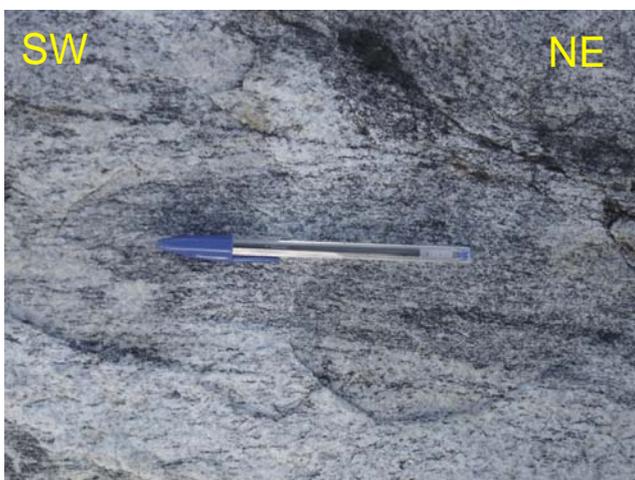
As bandas máficas, de coloração cinza média (fotografia 3.1), têm composição



**Fotografia 3.1-** Ortognaisse bandado, na parte sul da área. A atitude de foliação é  $40Az/27^{\circ}/130Az$ .

granodiorítica; apresentam-se em espessuras de 2,5 a 4cm, sendo composta por feldspato potássico e anfibólio, além de quartzo e plagioclásio. Os grãos de plagioclásio são maiores nas bandas claras (podem ultrapassar 1cm). Alguns grãos de anfibólio se destacam, atingindo de 0,2 a 0,6cm.

Faz parte ainda do embasamento um ortognaisse granítico rico em anfibólio, uma rocha clara, foliada, bandada, descrito apenas em campo e denominado Ortognaisse Lameiro. Sua granulação média varia de 0,3 a 0,5cm e é composta essencialmente por quartzo, feldspato potássico, biotita, anfibólio. A textura da rocha é dada por bandas mais claras ricas em quartzo e feldspato (em torno de 0,7cm de espessura) e por bandas escuras, nas quais predominam anfibólio e biotita (em torno de 3,5cm de espessura). Este último mineral é responsável pela lineação da rocha (fotografia 3.2).



**Fotografia 3.2-** Ortognaisse Lameiro, rico em anfibólio, com lineação marcada por biotita. com caimento de  $32^{\circ}/195Az$ .

#### **3.3.1.2 - Micropetrografia**

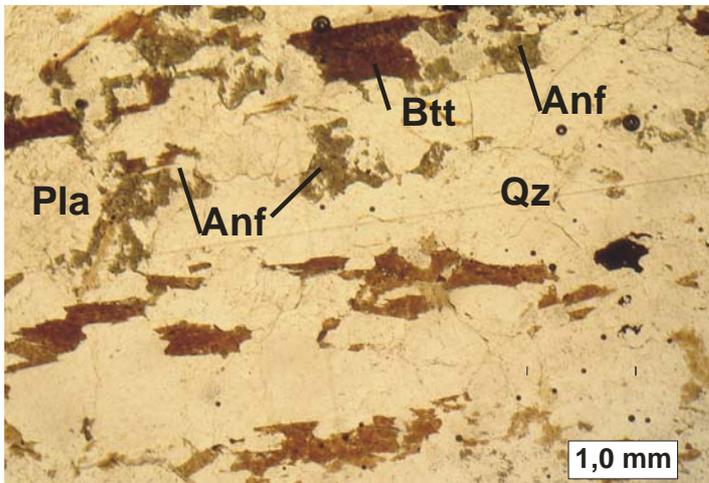
As bandas félsicas do ortognaisse bandado apresentam granulação média a grossa e o percentual de biotita que apresentam é variável, podendo ser um pouco maior do que nas porções máficas (comparar fotomicrografias 3.1 e 3.2) ou praticamente ausente (fotomicrografia 3.3).

As bandas máficas (fotomicrografia 3.2) têm a granulometria variando de fina a média e são mais ricas em anfibólio.

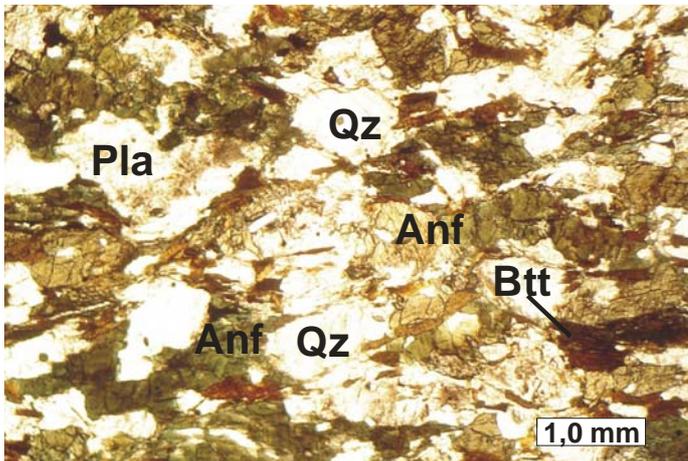
A composição da banda félsica é em média 40% de quartzo, 30% de plagioclásio com exsolução de feldspato potássico, 21% de biotita, 7% de anfibólio cálcico, aproximadamente 1% de apatita, aproximadamente 1% de minerais opacos, menos de 1% de epidoto, menos de 1% de allanita.

A composição da banda máfica varia de 12-30% para plagioclásio, 25-35% de quartzo, 11-28% de biotita, 17-23% de anfibólio cálcico, 8- 27% de microclina (por vezes com pertitas), 3% de titanita, 1-2% de minerais opacos, 1% de apatita, 1%, de

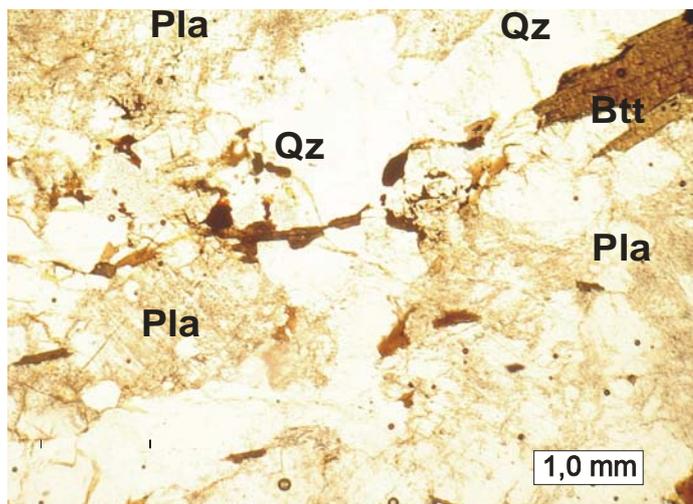
epidoto (incluindo allanita) + zircão. Localmente em porções mais quartzosas ocorre granada, em percentagem menor do que 1%. A composição varia de monzogranito a granodiorito.



**Fotomicrografia 3.1-** Porção félsica do ortogneisse bandado. Apresenta biotita e anfibólio distribuídos em meio a matriz quartzo-feldspática (sob nicóis paralelos).

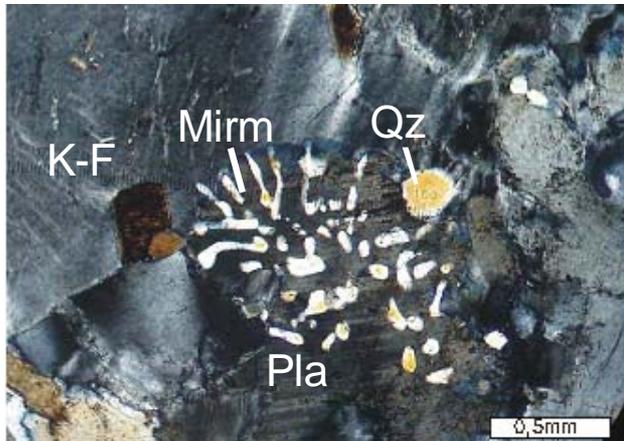


**Fotomicrografia 3.2-** Porções máficas dos ortogneisses bandados, contendo biotita e anfibólio (sob nicóis paralelos).



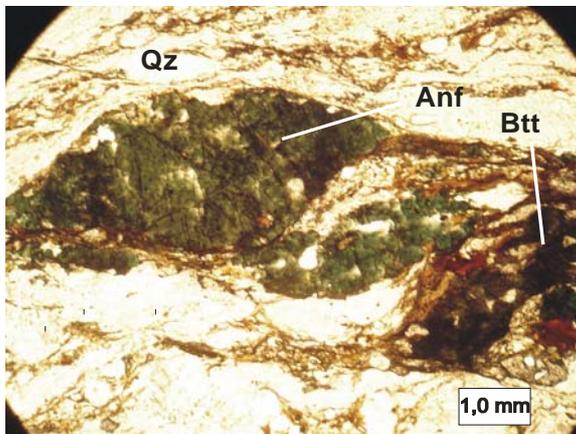
**Fotomicrografia 3.3-** Porção félsica do ortogneisse bandado. Apresenta predominantemente quartzo e feldspato (sob nicóis paralelos).

Mirmequita também ocorre (fotomicrografia 3.4) e quartzo apresenta contato reto com biotita e plagioclásio. Este altera localmente para sericita e carbonatos; quando forma antipertitas, tem contato irregular com biotita.



**Fotomicrografia 3.4-** Mirmequita no ortognaisse bandado (sob nicóis cruzados).

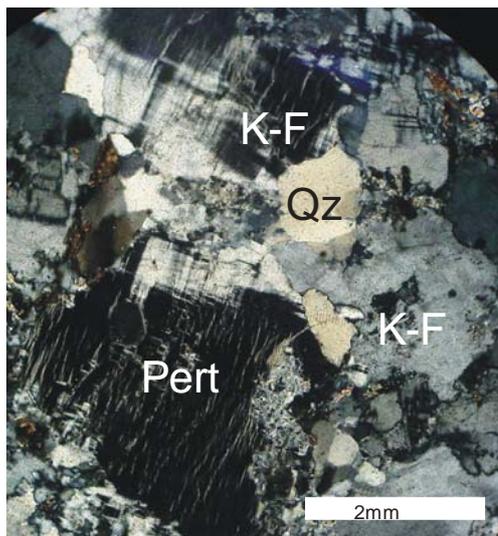
Anfibólio cálcico (fotomicrografia 3.5) ocorre apenas nas bandas máficas em grãos grandes, freqüentemente junto a biotita, definindo a banda máfica da rocha. Por vezes altera para biotita. Outros minerais que ocorrem com maior freqüência junto a biotita são apatita (por vezes inclusas no anfibólio), minerais opacos, allanita e zircão. Granada ocorre mais raramente, repleta de inclusões – de biotita, quartzo, plagioclásio, apatita - e altera para clorita.



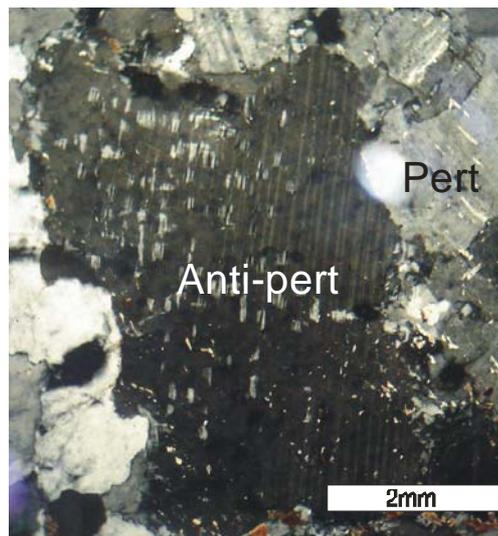
**Fotomicrografia 3.5-** Anfibólio na banda máfica que altera com os álcali-feldspato granitos (sob nicóis paralelos).

Cristais de microclina são anédricos, de tamanho médio, muitos não completamente formados. Nas porções félsicas há feldspatos zonados, pertitas (fotomicrografias 3.6) e antipertitas (fotomicrografia 3.7).

A foliação ocorre marcada pobremente por biotita ou mais forte, quando é dada por todos os componentes da rocha. Fraturas ocorrem paralelas à foliação, e são preenchidas pelos grãos maiores de quartzo.



**Fotomicrografia 3.6-** Perthita e microclina no ortogneisse granítico (rocha a norte da ZCCCN) (sob nicóis cruzados).



**Fotomicrografia 3.7-** Antipertita no ortogneisse granítico (rocha a norte da ZCCCN) (sob nicóis cruzados).

### **3.3.2 - Rochas supracrustais**

#### **3.3.2.1 - Paragneisses pelíticos e quartíticos**

##### **3.3.2.1.1 - Petrografia**

Os paragneisses compõem a litologia dominante na área estudada, e caracterizam-se por grande variação nos percentuais de plagioclásio. Esta variação faz com que esta unidade litológica inclua desde paragneisses quartzo-feldspáticos e arcoseanos (fotografia 3.3) a paragneisses pelíticos.

Os paragneisses em geral são constituídos principalmente por plagioclásio e biotita, ambos em grandes quantidades, e quartzo, em quantidades menores. Em alguns casos, plagioclásio ocorre com dimensões de 0,3 a 0,6cm, mas a predominância é de grãos de 0,2 a 0,3cm; localmente ocorrem com formas sigmoidais. As rochas que apresentam granulação mais fina são empobrecidas em feldspato, enriquecidas em quartzo, adquirindo uma granulação mais homogênea. Estas porções finas são alternadas com bandas quartzosas, estas bastante freqüentes na porção sul da área, onde quartzitos também podem ocorrer separados dos paragneisses. Os paragneisses quartzo-feldspáticos podem conter muscovita e biotita, mas em quantidades menores do que os pelíticos.

Os paragneisses apresentam foliação (ressaltada por intemperismo), mas nem sempre bandamento. Quando presentes, as bandas são claras (por vezes de cor rosada), de 0,6 até 1cm de espessura, alternados com bandas de cor cinza médio a escuro, em espessuras entre 0,8 e 1,5cm. Os minerais que compõem as bandas são os mesmos, mas com proporções diferentes. Localmente, tem-se

algumas bandas claras contornadas por biotitas alinhadas, formando níveis de 0,2 a 0,8cm; granada pode chegar a até 1,5cm. Muscovita e sillimanita também foram encontradas.



**Fotografia 3.3-** Paragnaisse quartzo-feldspático grosso, a sul da ZCCCN. Os grãos em destaque são plagioclásio. A direção de foliação é de 245Az/36°/335Az.

Em alguns locais, migmatização gera leucossomas onde plagioclásio é maior do que feldspato potássico, tendo em torno de 1cm de largura e podendo atingir mais de 2,5cm de comprimento.

Quando a granulação é grossa, o bandamento se torna mais irregular.

Localmente os grãos se encontram alongados e alguns chegam a exibir formas sigmoidais.

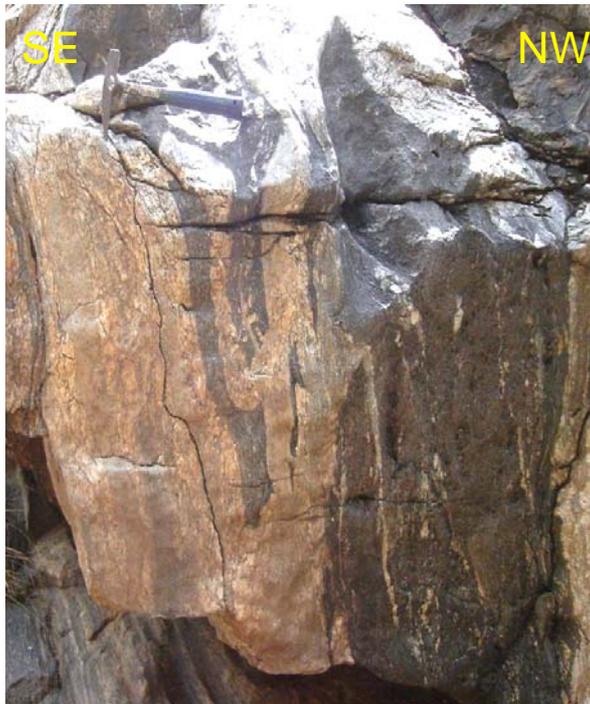
No paragnaisse quartzítico predominam grãos de 0,2 a 0,5cm, mas alguns feldspatos chegam a 3,5cm. O estiramento de grãos de feldspato define a lineação da rocha.

Veios de quartzo (alguns com grãos grandes), tanto concordantes quanto discordantes, e diques graníticos aparecem no paragnaisse. Intercalações de rocha calcissilicática (fotografia 3.4), que contém porções anfibolíticas e granada, aparecem no extremo sul da área (onde ocorre em contato com o gnaiss pelítico com fibrolita) e na porção oeste da área. Estreitos cisalhamentos, fraturas transversais e diques graníticos (com granulação grossa ou fina) ou pegmatíticos (contendo muscovita) cortam o paragnaisse (fotografia 3.5). Ainda há, localmente e concordante com a foliação, *boudins* e *sheets* de granito e de leucogranito com espessura de até 15cm.

A seguir são descritas algumas peculiaridades apresentadas pelos paragnaises a norte e a sul da ZCCCN.



**Fotografia 3.4-** Intercalação de rocha calcissilicática (camada esverdeada) no paragnaisse a sul da área. Sua foliação é 264Az/70°/354Az.



**Fotografia 3.5-** Pegmatito (toda a porção félsica) alojado paralelamente à foliação de paragnaisse pelítico. A foliação tem atitude 249Az/subvert/339Az. Esta feição foi encontrada na porção sul da área.

Os paragnaisses a *norte* da ZCCCN não são homogêneos, apresentando níveis ricos em biotita. Quando migmatizada, a rocha apresenta granadas milimétricas tanto no mesossoma quanto no leucossoma. Os pontos de maior migmatização provavelmente são as rochas cujo protólito tinha composição mais pelítica.

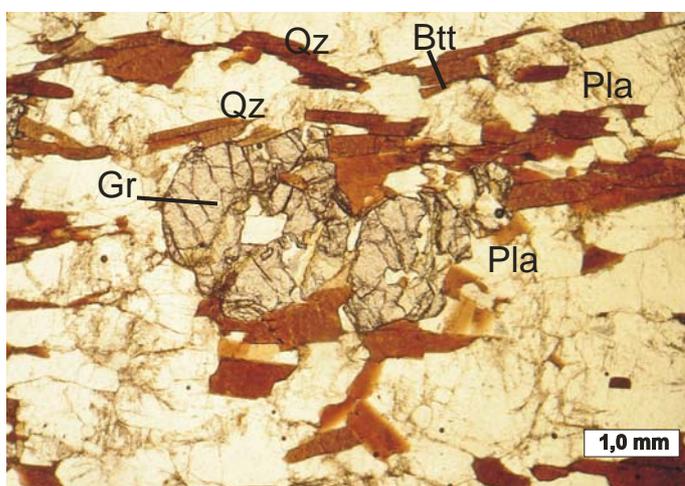
A *sul* da ZCCCN, os paragnaisses têm maior distribuição de biotita, cujo percentual supera o de quartzo. Com menor frequência, observa-se plagioclásio. Este ocorre em percentuais mais bem definidos, sem gradação, de forma que se torna mais fácil a separação dos paragnaisses pelíticos dos arcoseanos em campo. Nos arcoseanos, os minerais acessórios encontrados foram apenas magnetita e granada. Já nos pelíticos, foram encontrados em diferentes locais turmalina (chegando a 2cm), fibrolita e muscovita. Normalmente são granatíferos (com granadas de até 1cm, preferencialmente nas porções mais quartzosas).

Em resumo, as principais diferenças encontradas entre os paragnaisses a norte (atribuídos ao Complexo Sertânia no Mapa Geológico da Paraíba) e a sul da ZCCCN foram (1) o fato de paragnaisse mais quartzoso só ter sido encontrado em um único ponto a norte, enquanto a sul é bastante freqüente; e (2) o fato de apenas no sul terem sido encontrados turmalina, sillimanita (primária), magnetita, plagioclásios em porfiroblastos e intercalações com quartzito e com rochas calcissilicáticas.

Apesar de terem sido encontradas certas feições apenas a norte ou apenas a sul da ZCCCN, tais diferenças não são consideradas conclusivas sobre as litologias terem ou não uma mesma origem.

### **3.3.2.1.2 - Micropetrografia**

Nos paragnaisses a norte da ZCCCN todos os minerais estão em equilíbrio. Quartzo ocorre em grãos anédricos e alongados, plagioclásio em grãos subédricos (eqüiláteros ou alongados) e sofrem sericitização; a rocha apresenta níveis definidos por proporções levemente diferentes de biotita, cujo tamanho médio é de 0,2cm. A maioria dos grãos de granada ocorre próximo aos de biotita (fotomicrografia 3.8); são grandes, arredondadas, fraturados, de cor cinza; parte deles altera para biotita (nas fraturas) e esta, por sua vez, para clorita. Apresenta inclusões de quartzo, minerais opacos (fotomicrografia 3.9) allanita e biotita.

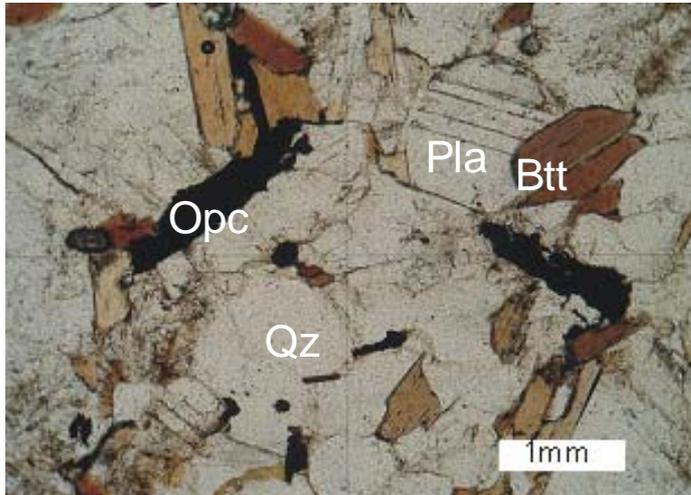


**Fotomicrografia 3.8-** Granada e biotita, em paragnaisse pelítico, a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).

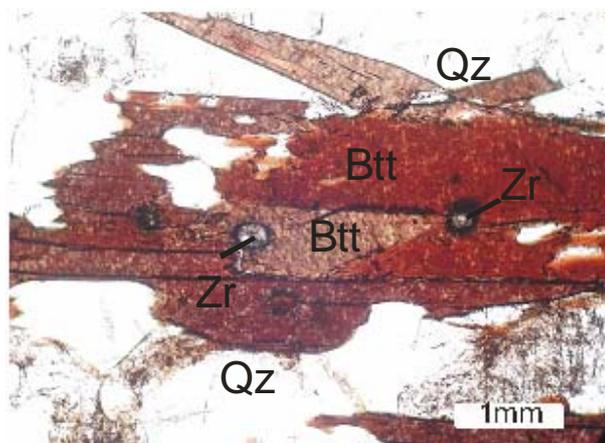
Zircão ocorre localmente, junto a biotita (fotomicrografia 3.10). Minerais opacos são predominantemente alongados e epidoto apresenta resquícios de allanita.

Nos paragnaisses a sul da ZCCCN observou-se as seguintes características: granulação fina, com poucos grãos grandes, félsicos. O quartzo (30-40%) compõe matriz e também ocorre em grãos maiores, havendo pouca gradação entre eles; plagioclásio (19-25%) ocorre em grãos de até 0,9cm, com formatos sigmoidais;

biotita (22-27%) ocorre em grãos pequenos, contornando os grãos maiores; muscovita (12-13%) geralmente se encontra junto a biotitas, desenhando foliação; minerais opacos são alongados ou anédricos e predominam junto a biotita; os grãos de granada são subédricos a anédricos, de cor cinza, com inclusões de minerais opacos, quartzo e biotita. Apatita (menos de 1%), epidoto e allanita (juntos totalizam menos de 1%) têm distribuição aleatória.



**Fotomicrografia 3.9-** Minerais opacos junto a biotita em paragneisse a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).



**Fotomicrografia 3.10-** Grãos de zircão dentro da biotita nos paragneisses, a norte da ZCCCN (sob nicóis paralelos).

### **3.3.2.2 - Xistos**

#### **3.3.2.2.1 - Petrografia**

Em campo foi verificado que o xisto pode ou não ser equigranular. Em geral apresenta grãos finos, à exceção de alguns grãos de feldspato que têm tamanhos acima de 1cm. Seus componentes são quartzo, feldspato, biotita e granada.

A norte da ZCCCN, o xisto pode apresentar bandas de biotita-paragneisse, níveis de plagioclásio ou de quartzo, bem como veios cortando a foliação.

A sul da ZCCCN, o xisto apresenta granada em menores quantidades ou restrita a alguns níveis, e passa a ter intercalações de quartzito (fotografia 3.6) (enquanto na porção norte intercala com paragneisse arcoseano). No extremo sul da

área, o micaxisto ocorre com muita muscovita. Em alguns locais se encontra sillimanita.

Assim, foram encontradas poucas diferenças entre os xistos a sul e a norte da ZCCCN.



**Fotografia 3.6-** Quartzito que intercala com xisto a sul da ZCCCN. A foliação é  $93Az/31^\circ/183Az$ .

As características em comum entre paragneisses e xistos são: (1) não raramente, são cortados por diques e *sheets* graníticos; (2) às vezes ocorre migmatização responsável por porções pegmatíticas e outras porções ígneas injetadas. Nestes migmatitos, granada pode ocorrer tanto no leucossoma quanto no mesossoma. (3) Nas porções félsicas dos paragneisses migmatizados observa-se localmente turmalina, por vezes juntamente com sillimanita.

#### **3.3.2.2.2 - Micropetrografia**

Não foram realizadas descrições de lâminas do xisto, visto que o estado de alteração interferiria no estudo das mesmas.

### **3.3.3 - Ortogneisse granítico eqüigranular**

#### **3.3.3.1 - Petrografia**

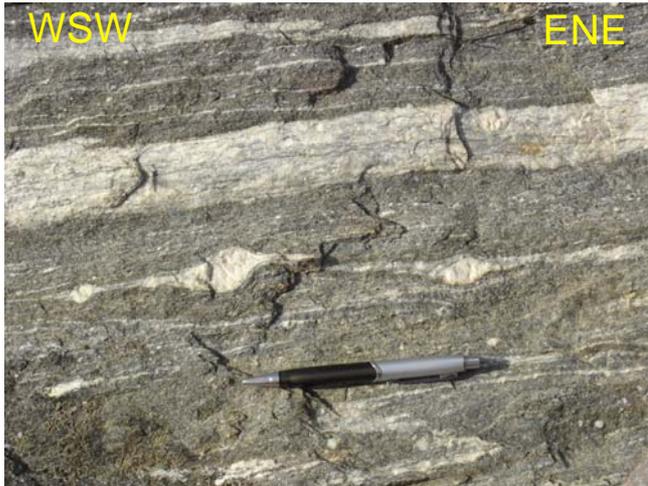
Outra litologia freqüente na área é biotita-granito gnaissificado; tem cor cinza clara a intermediária, a granulação varia localmente de média a grossa, com grãos mais raramente finos e alongados e em geral tem textura eqüigranular. A rocha é composta por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico (localmente em alto percentual), biotita (marcando foliação), anfibólio (marcando fracamente a lineação) e nas porções mais claras pode ocorrer granada. A granulação varia de 0,2 a 1cm, tendo como exceção apenas alguns grãos de feldspato com 1 a 3,5cm. Localmente, os feldspatos ocorrem em formas sigmoidais que podem ou não ser simétricas.

A litologia tem composição granítica mais fina, com pouco anfibólio, com porções anfibolíticas. Geralmente está afetado por transcorrência.

Entre as duas zonas de cisalhamento, este ortognaisse ocorre com rochas calcissilicáticas; todo o conjunto foi intrudido por *sheets* graníticos ou pegmatíticos, que apresentam atualmente grãos de quartzo bastante estirados.

Localmente ocorrem bandas graníticas (fotografia 3.7) de cor clara, assimetricamente boudinadas e migmatização.

Nesta secção, bem como na próxima, não são descritas diferenças entre a litologia a norte e a sul da ZCCCN, pois são corpos posteriores ao período de interesse.



**Fotografia 3.7-** Bandamento do ortognaisse, no qual é possível observar também efeito do cisalhamento.

#### **3.3.3.2 - Micropetrografia**

Em secção delgada, a amostra encontra-se foliada e apresenta matriz fina de quartzo, na qual estão imersos grãos de plagioclásio e anfibólio, estes de tamanhos variados. Os grãos de quartzo (31-40%) ocorrem em dois tamanhos: os menores formam uma matriz microcristalina; os maiores, junto com plagioclásio (3-5%) e feldspato potássico (26%) compõem bandas félsicas. Biotita (6-7%) também se encontra presente e define foliação, compõe banda máfica com anfibólio calcossódico (20-28%). Os minerais acessórios encontrados são titanita (<1-3%), allanita (<1%), apatita (<1%), minerais opacos (<1%), zoizita (<1%).

#### **3.3.4 - Granitos**

##### **3.3.4.1 - Petrografia**

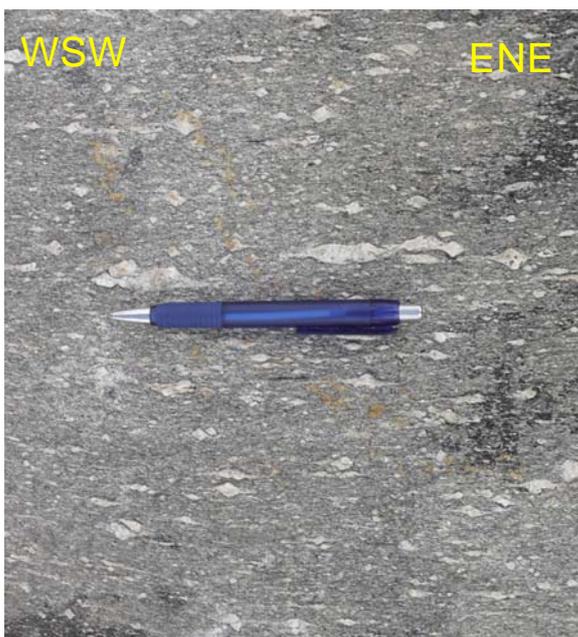
Na região estudada observa-se diferentes corpos graníticos, sob duas denominações diferentes: Granito Aroeiras, que não foi foco deste trabalho, e o Granito Serra das Guaribas, que ocorre em maior volume.

O granito Serra das Guaribas surgiu a partir dos cisalhamentos na porção norte da área. Em geral, tem composição sienogranítica a monzongranítica,

localmente quartzo-monzonítica. Foi submetido a diferentes intensidades de deformação, apresenta variação nas proporções de porfiroclastos. É uma rocha cinza, inequigranular, composta por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, anfibólio e pouca biotita; pode conter turmalina. A granulação média desses minerais é de 0,3cm, mas localmente varia de 0,4 a 1,8cm, aproximadamente, à exceção dos feldspatos, de dimensões aproximadas de 0,5 até 2,5cm (fotografias 3.8, 3.9, 3.10). Em torno desses ocorrem minerais máficos, moldando-se às suas formas, que localmente podem ser sigmoidais. Este granito é foliado, e pode mostrar duas bandas: uma tem granulação fina, coloração cinza, com cristais estirados. A outra tem cor mais clara, e nela predominam feldspato e quartzo, com alguns cristais de anfibólio alinhados (média de 0,5cm, podendo chegar até 1cm).



**Fotografia 3.8-** Porfiroclastos de feldspato em granito milonitizado pela ZCCCN. A assimetria dos porfiroclastos indica cisalhamento sinistral. A foliação é  $135Az/61^\circ/225Az$ .



**Fotografia 3.9-** Milonito com deformação mais intensa do que a mostrada na figura anterior. A assimetria dos porfiroclastos mostra cisalhamento sinistral. A foliação é  $85Az/71^\circ/175Az$ .



**Fotografia 3.10-** Milonito de granito grosso/porfírico. A foliação da rocha é  $105\text{Az}/53^\circ/195\text{Az}$ .

Em outros locais, o mesmo granito apresenta cor rosa, com bandamento no qual as partes claras (4 - 4,5cm de espessura) são compostas principalmente por grandes grãos de feldspato potássico (em torno de 3,5cm) e pequenos anfibólios (em torno de 0,3cm) que os bordejam (fotografia 3.11). As partes mais escuras têm mais de 2,5cm de espessura e é composta pelos mesmos minerais, mas com diferentes proporções. Anfibólio marcando foliação magmática, observado em uma área restrita.



**Fotografia 3.11-** Leucogranito, a porção cuja textura mais difere do restante dos granitos observados em campo. Apresenta foliação magmática, mostrada na fotografia. Encontra-se a norte da ZCCCN, bem próxima à mesma. A foliação é  $115\text{Az}/61^\circ/205\text{Az}$ .

Esses granitos foram submetidos a diferentes graus de milonitização, dependendo do quão próximos se encontram das zonas de cisalhamento. Assim, partes deles são convertidas em *augen* gnaisse (fotografia 3.12).

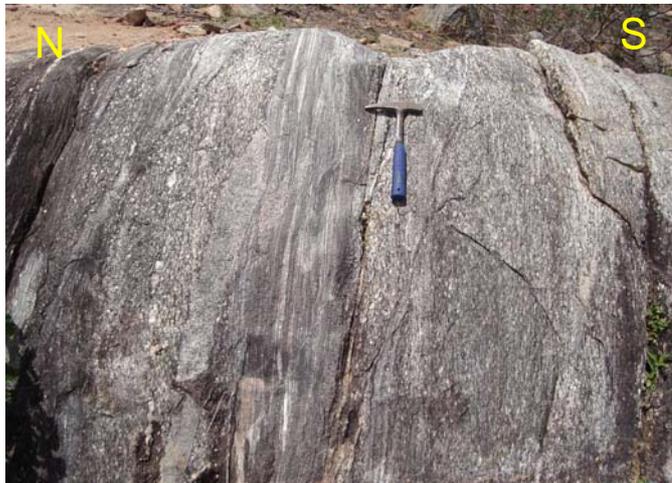


**Fotografia 3.12-** Augen gnaisse, resultado de milonitização. Afeta os granitos mais ricos em feldspatos, na porção oeste da área. Este afloramento margeia a norte a ZCCCN. Sua foliação é  $95\text{Az}/68^\circ/185\text{Az}$ .

Os granitos são também cortados por diques de granulação fina (fotografias 3.13 e 3.14).



**Fotografia 3.13-** Granito fino cortando a foliação do *augen* gnaisse. Estes corpos encontram-se dentro da ZCCCN; a foliação do corpo mais grosso é  $100\text{Az}/64^\circ/190\text{Az}$ .



**Fotografia 3.14-** Granito fino intrudido no *augen* gnaisse, o mesmo da fotografia 3.15. Outra porção do corpo anterior.

Há ainda um corpo granítico, a sul da ZCCCN, próximo ao centro da área, que é parte do Serra das Guaribas. É de composição monzogranítica e apresenta bandamento (fotografia 3.15), com foliação de baixo ângulo. Apresenta uma foliação de alto ângulo relacionada à deformação transcorrente.



**Fotografia 3.15-** Granito bandado, com foliação de  $285\text{Az}/30^\circ/15\text{Az}$ .

### 3.3.4.2 - Micropetrografia

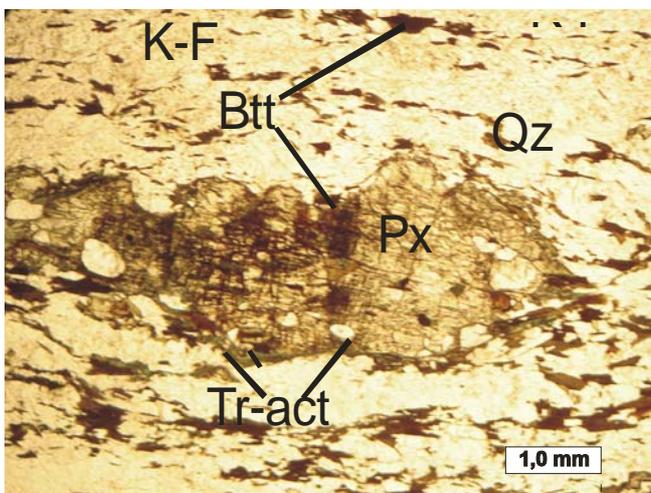
O granito Serra das Guaribas tem composição sienogranítica a monzongranítica, com a granulação média a fina ou grossa. Em escala microscópica percebe-se a alternância entre bandas mal formadas ricas em biotita e anfibólio cálcico com bandas félsicas. Estas últimas contêm alguns minerais máficos, mas basicamente são compostas por quartzo e feldspato.

Os grãos de quartzo (32-40%) são recristalizados, geralmente em faixas alongadas; mirmequitas também estão presentes. Nas bandas félsicas, ocorre como matriz para quartzos maiores, plagioclásio (5-14%) e para porfiroclastos de feldspato potássico (microclinas bem e mal formadas e/ou pertitas- 12-27%). Há zoneamento por parte de feldspatos. Biotita (10-20%) (alguns grãos recristalizados) e anfibólio cálcico (10%) (possivelmente hornblenda) por vezes em porfiroblastos, e tremolita-actinolita, derivadas de grãos de piroxênio (fotomicrografia 3.11) ainda formam a banda de minerais máficos. Localmente, alguns grãos de piroxênio ocorrem em porfiroclastos assimétricos do tipo sigma.

Minerais opacos ( $\leq 1\%$ ), apatita ( $<1-1\%$ ), epidoto ( $< 1-1\%$ ), allanita ( $< 1$  a  $<2\%$ ) e titanita ( $<1-3\%$ ) ocorrem em quantidades bem menores; os quatro últimos predominam nas bandas máficas.

Esta rocha é bem mais máfica, com bem menos quartzo do que as outras estudadas em lâmina.

A porção quartzo-diorítica é composta por microclinas (24%) e piroxênios (18%), o primeiro se destacando pelo tamanho (fotomicrografia 3.12), e o segundo, por emprestar sua cor à rocha. Zircão apresenta maior afinidade pela banda máfica, e o epidoto presente aparentemente é clinozoizita ( $< 1\%$ ).

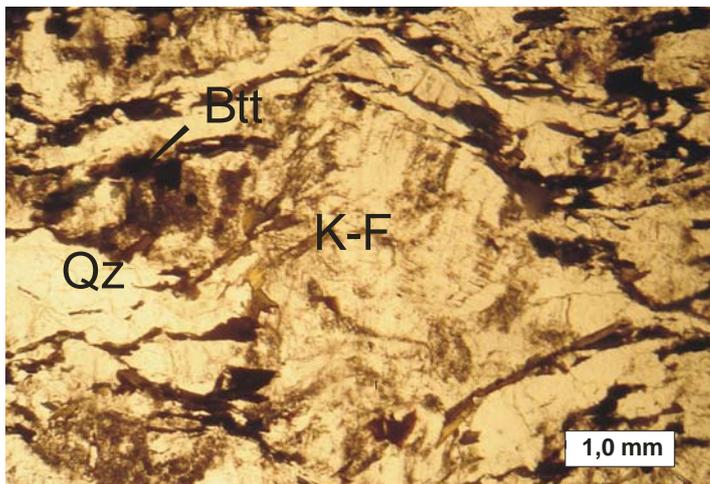


**Fotomicrografia 3-11-** Piroxênio alterando nos bordos para tremolita-actinolita (sob nicóis paralelos).

Os grãos de plagioclásio (10%) apresentam-se em três tamanhos, aproximadamente 0,015cm, 0,025cm e 1cm (os maiores ocorrem em pequenas

quantidades), sem intermediários, e alguns começam a desenvolver antipertitas; os maiores sofrem recristalização.

feldspatos potássicos, apesar do menor número, ocorrem tanto como microclina quanto como ortoclásio e se apresentam em dois tamanhos, sem intermediários: fenocristais (pertitas, microclinas mal formadas e bem formadas) e grãos com média de 0,03cm.

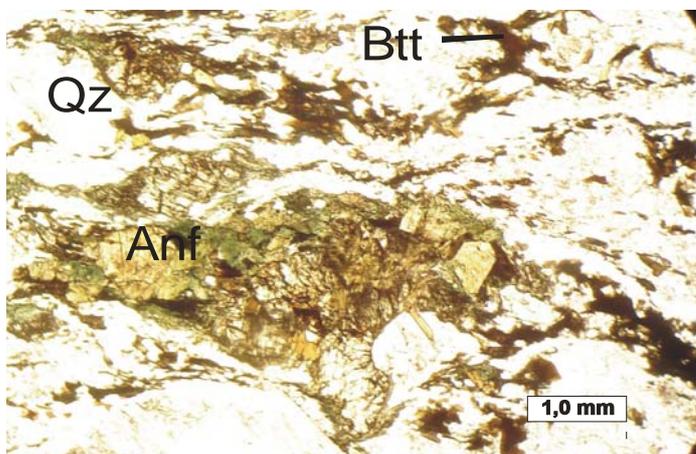


**Fotomicrografia 3.12-** Grande cristal de microclina, sofrendo sericitização (sob nicóis paralelos).

As percentagens restantes são de quartzo (24%), biotita (10%), anfibólio cálcico (7%), titanita (5%), apatita (< 1%), allanita (<1%), minerais opacos (<<1%), zircão (<<1%).

Sua granulação tem dimensões entre média e fina, com alguns porfiroclastos. A foliação é bem definida. Microclina (27%) forma bandas félsicas juntamente com quartzo (33%) e plagioclásio (28%). Biotita (7%) e anfibólios (3%) definem as bandas máficas, e os últimos têm grãos geralmente grandes (fotomicrografia 3.13). Alguns minerais se encontram recristalizados, como quartzo e microclina.

Ocorrem pertitas, apatita (1%), zoizita (~1%), titanita (< 1%) e minerais opacos (<1%) ocorrem sempre junto a minerais máficos.



**Fotomicrografia 3.13-** Grandes grãos de anfibólio (sob nicóis paralelos).

Quanto ao granito menor, a sul da ZCCCN, em secção delgada apresenta granulação média com alguns grãos grandes, com foliação e bandamento, este mal distribuído. Biotita (7%) ocorre em tamanhos médios, formando bandas. Microclina (27%) forma bandas félsicas juntamente com quartzo e plagioclásio (28%). Quartzo (33%) forma matriz. Anfibólio cálcico (3%) forma foliação e uma banda com biotita. Outros minerais são apatita (1%), zoizita (~1%), titanita (< 1%) e minerais opacos (<1%).

### **3.3.5 - Outras litologias**

#### **3.3.5.1 - Petrografia**

Há outras rochas de ocorrência mais restrita. São elas:

- (A) Possível metaarcósio (porção sudoeste da área, na região descrita como Complexo Vertentes com parte do Complexo Gnáissico Migmatítico na figura 2.2.)- rocha cinza clara, quase azulada, com grãos esbranquiçados; estes grãos são salientes devido ao intemperismo. Sua composição apresenta quartzo, plagioclásio e muscovita. A granulação média é de aproximadamente 0,5cm. Nos locais em que foi encontrada apresenta foliação.
- (B) Metabasito (mesma porção sudoeste da área)- apresenta porções mais diabásicas e outras ricas em granada (coronito).
- (C) Mármore brancos (mesma porção sudoeste da área e norte da área, no Complexo Sertânea, segundo figura 2.2)- afloram escurecidos devido ao intemperismo, tornando o solo amarronzado.
- (D) Rochas calcissilicáticas- ocorrem junto a ortognaisses a leste da área (Complexo Vertentes, segundo figura 2.2) (fotografia 3.16); localmente, contêm porções anfibolíticas.
- (E) Anfibolitos- dentre as cinco litologias mencionadas neste item, esta é a de maior frequência (norte da área, Complexo Sertânea; centro-leste, Complexo Migmatítico; Sudoeste, Complexo vertentes, segundo figura 2.2), ainda que ocorra em volumes não muito significativos. Seu protólito provável é um basalto.
- (F) Ortognaisse com bandas graníticas e outras mais ricas em anfibólio: as graníticas apresentam magnetita e geralmente têm o bandamento mais irregular; podem ter anfibólio, mas em menores quantidades. Uma ocorrência está injetada por espessos corpos (parte deles também tem composição granítica, e outros, quartzosas). Por vezes, tais camadas injetadas ocorrem em forma de *boudins*.



**Fotografia 3.16-** Intercalação de rocha calcissilicática com ortogneisse granítico. O afloramento encontra-se a sul da ZCCCN, e sua foliação é de 160Az/55°/70Az.

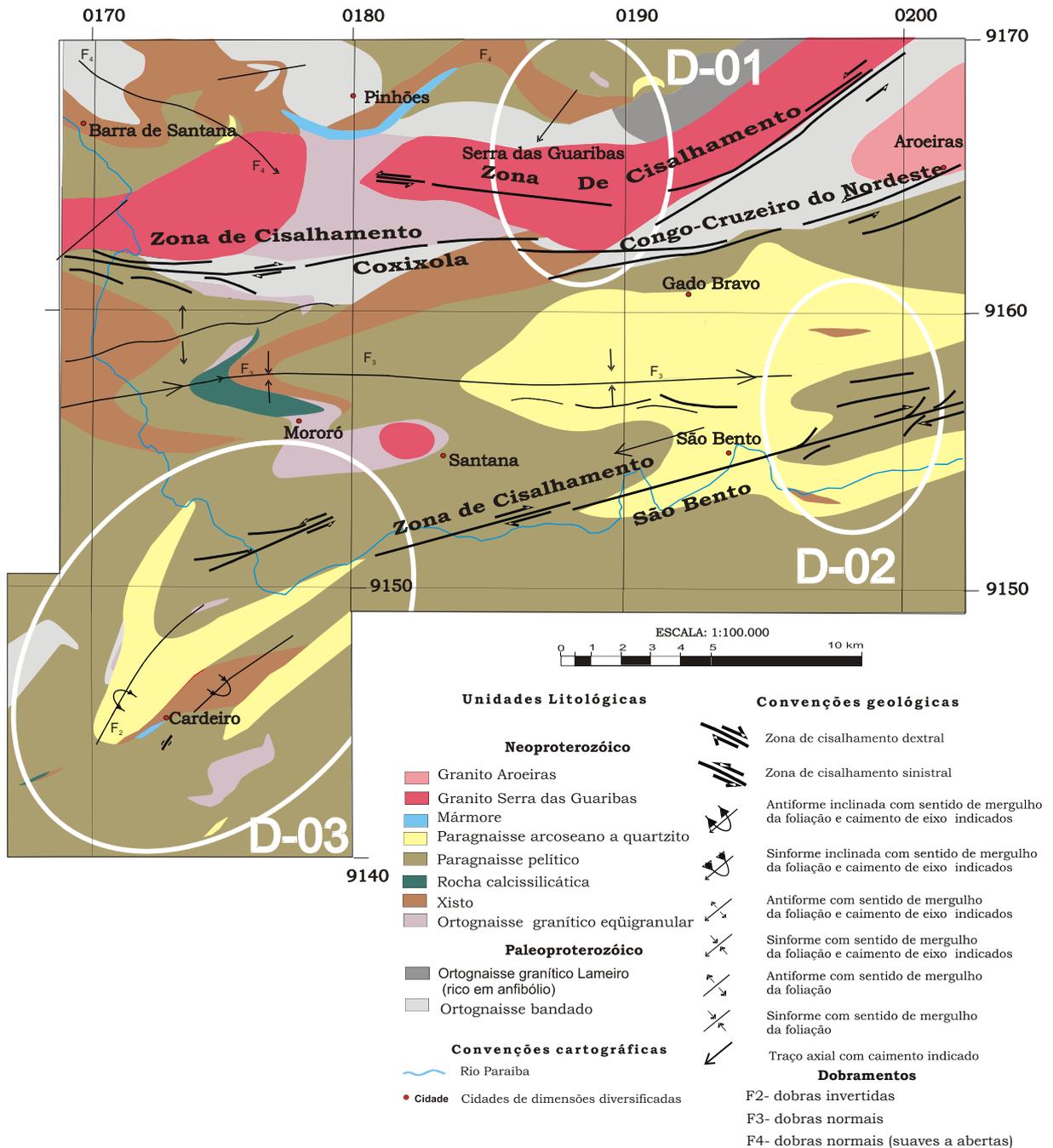
### **3.3.5.2 - Micropetrografia**

Das litologias acima citadas, apenas o anfibolito foi estudado em secção delgada, por apresentar-se com maior frequência. Sua granulação é média, com hornblenda alongada (50%) formando foliação leve. Estes apresentam inclusões de minerais opacos (<1%), apatita (1%) e titanita (1%). Uma pequena parte parece alterar para tremolita-actinolita (<1%). Outros minerais que compõem a rocha são: quartzo (30%), plagioclásio (17%), biotita: (17%) e allanita (<1%).

## 4 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

### 4.1 - INTRODUÇÃO

As principais estruturas presentes no mapa da área (figura 4.1) são dobramentos de diferentes gerações (aparentemente quatro) e zonas de cisalhamento; dentre estas há três principais, geradas por movimentos de direções dextrais e sinistrais, que milonitizaram os corpos paralelos à sua ocorrência.



**Figura 4.1-** Subdivisão da área de estudos em domínios estruturais, com o intuito de sistematizar as interpretações. Para maiores detalhes, ver Anexo B.2.

Duas das três zonas de cisalhamento principais são encontradas na porção norte, e uma na porção sul da área. O cisalhamento a nordeste é sinistral; os situados a noroeste e a sul são dextrais. Na região entre os cisalhamentos, ocorre um grande dobramento, cujo eixo apresenta direção E-W. Este dobramento resulta do maior dentre os eventos geradores de dobras. São dobras normais, o que pôde ser verificado em escala de afloramento.

A norte também existe um dobramento, que se caracteriza por apresentar dobras suaves a abertas. Tem plano axial que oscila entre NW-SE e SW-NE. Reflete um evento de menor intensidade, mas que é visto por toda a área. Na figura acima, pode ser identificado no xisto, junto aos mármores, bem como a NW (no xisto e no embasamento), onde há pequenos dobramentos da mesma geração.

A oeste pode-se visualizar mais dobramentos de plano axial E-W e, abaixo deles, encontra-se registro de outra geração de dobramentos: são dobras invertidas, com vergência para NW; seus planos axiais têm direção SW-NE.

Os dados estruturais resultados de medições em campo encontram-se em mapa, no anexo B.

Em alguns locais, houve maior concentração de medições, o que possibilita um melhor estudo estrutural. Estes locais foram denominados “domínios”, formando um total de três; são denominados pelos números correspondentes na figura 4.1.

#### **4.2 - DESCRIÇÃO DA ÁREA**

---

A porção noroeste da área (acima da ZCCCN) abrange porções de xisto, paragnaisse pelítico, lentes de paragnaisse quartzítico e de mármore, granito, embasamento e uma pequena exposição do ortognaisse granítico equigranular. O gnaisse granítico presente nesta área apresenta dobras normais em “Z” associadas a foliações de alto ângulo (fotografia 4.1); sugere movimento cisalhante dextral. Já o xisto apresenta foliação de baixo ângulo e foi submetido a duas gerações de dobramento (fotografias 4.2 e 4.3). O embasamento se encontra foliado e apresenta *boudins* (fotografia 4.4), enquanto o granito se encontra milonitizado.

Dentro das Zonas de Cisalhamento principais (Congo - Cruzeiro do Nordeste e Coxixola) encontra-se parte do paragnaisse pelítico, parte do xisto, do granito, do gnaisse granítico equigranular e do embasamento (figura 4.1).



**Fotografia 4.1-** Ortogneisse granítico eqüigranular com dobras normais em “z” formadas nas porções graníticas (lagedo). Tais dobras estão associadas às foliações de alto ângulo, que também podem ser vistas nas fotos. As relações sugerem cisalhamento dextral. O plano axial da dobra é  $110Az/70^\circ/200Az$  (porção noroeste da área).



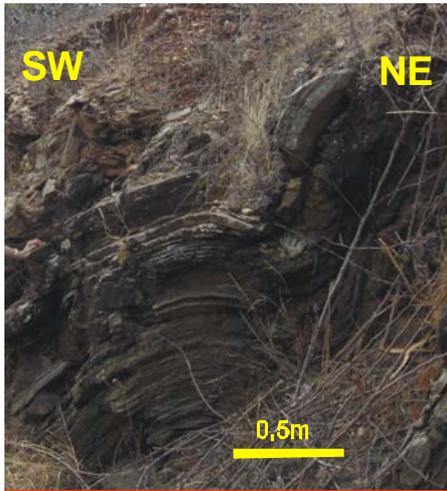
**Fotografia 4.2-** Foliação de baixo ângulo no xisto, mais antiga do que a de maior ângulo (porção noroeste da área).



**Fotografia 4.3-** Antiforme aberta, representando a quarta e última das fases de dobramento a que o xisto foi submetido na porção noroeste da área.

As litologias encontram-se fortemente afetadas pelo cisalhamento. O granito Serra das Guaribas apresenta milonitização, cuja intensidade varia localmente. Apresenta feldspatos com baixa assimetria, de forma que fornecem informações

duvidosas quanto ao sentido de movimento (fotografia 4.5); com menor frequência, plagioclásios foram vistos como *augens* (fotografia 4.6).



**Fotografia 4.4-** *Boudins* na foliação do ortognaisse bandado do embasamento (em corte). Eixo de dobra (F4): 24°/110Az (porção noroeste da área).

Há muitos grãos de plagioclásio não deformados, apenas rotacionados. Apenas localmente grandes cristais de feldspato potássico e bandas de cisalhamento dão informação de sentido de movimento sinistral, o que coincide com uma pequena zona de cisalhamento encontrada na área (fotografia 4.7).

Dobras foram observadas e nelas havia dobras menores, parasíticas. Foram vistas lineação e foliação; a primeira pode ser mais desenvolvida do que a segunda. A granulação pode se apresentar fina ou grossa. O gnaisse granítico apresenta duas foliações, uma principal (proeminente) e outra secundária (pouco nítida), além de lineação muito bem desenvolvida (fotografia 4.8). Quanto ao embasamento, apresenta foliação e lineação de estiramento bem marcadas.



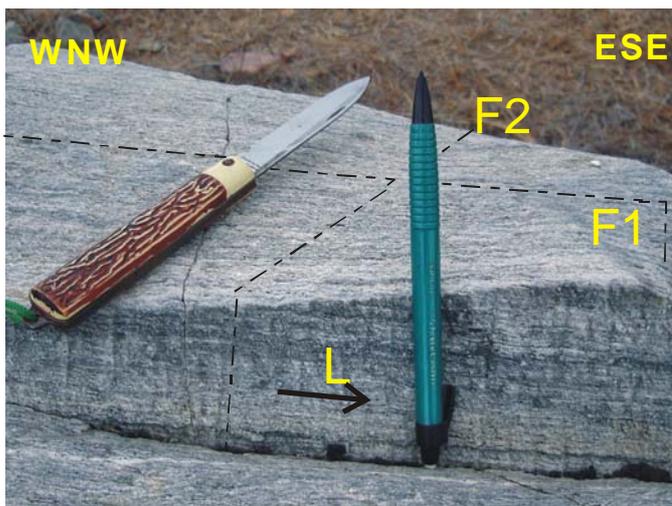
**Fotografia 4.5-** Grãos de feldspato com baixa assimetria indicam movimento sinistral (lagedo). Foliação: 85Az/71°/175Az, na região da ZCCCN



**Fotografia 4.6-** Grãos de feldspato no granito (região das zonas de cisalhamento principais), aqui com formas de *augens*, indicando movimento sinistral (lagedo). A foliação é:  $95Az/68^\circ/185Az$ .



**Fotografia 4.7-** Zona de Cisalhamento local, de direção sinistral (lagedo), na região da ZCCCN.



**Fotografia 4.8-** Ortognaisse granítico equigranular (na região da ZCCCN), com duas foliações indicadas em linha preta tracejada e a lineação mais nítida, na horizontal, no plano mais próximo. A foliação principal (transversal ao canivete) é  $275Az/56^\circ/185Az$ .

Na região situada entre as duas zonas de cisalhamento principais ocorre uma lente de paragnaisse quartzítico, uma de mármore, porções de xisto, de paragnaisse pelítico, de ortognaisses graníticos e granodioríticos e de granito (figura

4.1).

O paragneisse pelítico apresenta foliação, lineação e pequenas dobras irregulares; também foram encontradas bandas de cisalhamento indicando transporte SW-WSW e critério C-S indicando topo para SW (250Az). Os xistos apresentam dobras complexas, dentre as quais predominam as dobras normais, apertadas, com caimento (fotografia 4.9). Também existe lineação mais desenvolvida do que a foliação. Gnaisses graníticos e granodioríticos não apresentam milonitização; apresentam critérios que fornecem informações duvidosas sobre sentido de movimento.

Porções graníticas dentro de gnaisse podem se apresentar em formas de *boudins*. O sentido de foliação não é tão constante (muda de SW para SE dentro de um mesmo afloramento), bem como sua intensidade, que sofre aumento. Tanto esse gnaisse granítico como o embasamento têm lineação mais bem marcada do que a foliação. O granito está milonitizado e apresenta C-S indicando movimento sinistral. Já o ortogneisse granítico rico em anfibólio não está milonitizado; tem granulação grossa e é encontrado dobrado, com foliação e lineação.



**Fotografia 4.9-** Porção migmatizada do xisto apresentando dobras normais apertadas (em lagedo). Plano axial: subvertical/220Az (porção norte da área).

Na região entre as duas maiores zonas de cisalhamento ocorre a maior área de paragneisse quartzítico aflorante, além de grande parte do paragneisse pelítico, parte do xisto, as rochas calcissilicáticas encontradas na região, parte do granito e do ortogneisse granítico eqüigranular (figura 4.1).

O paragneisse pelítico tem granulação bem fina (está milonitizado) e foliação bastante verticalizada, sistemática, devido ao intenso cisalhamento (fotografia 4.10). Apenas um critério C-S foi encontrado e sugere movimento dextral.



**Fotografia 4.10-** Paragnaisse com granulação fina, em corte, foliação verticalizada e lineação horizontal (porção norte da área). A foliação é  $253\text{Az}/89^\circ/343\text{Az}$ .

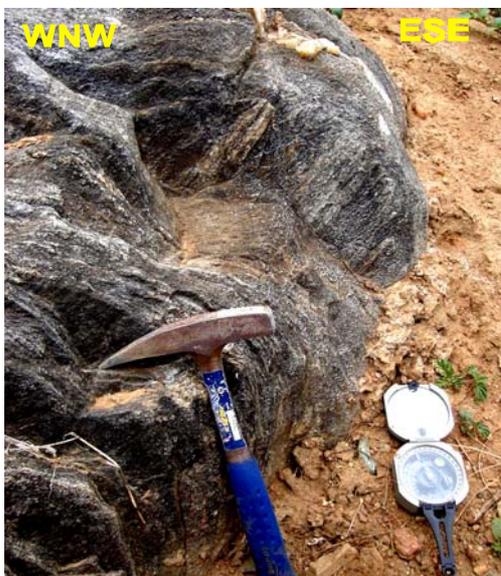
Paragnaisses apresentam granulação fina e grãos de feldspato em forma de sigmóides simétricos ou levemente assimétricos (fotografias 4.11 e 4.12, respectivamente), sombras de pressão em granadas e trama C-S (todos indicando movimento dextral), além de dobras em “s” em veios. Lineação pode estar presente, por vezes mais bem marcada do que a foliação (fotografia 4.13). Localmente, porções mais quartzosas desenham dobras intrafoliais. O granito se encontra gnaissificado. O ortognaisse granítico equigranular apresenta boa foliação (mais nítida do que lineação). Na porção oeste da área, a calcissilicática se encontra milonitizada, bandada e com muitas dobras. Dentro do bandamento, as dobras encontram-se transpostas (fotografia 4.14).



**Fotografia 4.11-** Paragnaisse milonitizado, indicando movimento dextral (lagedo) (porção norte da área). A foliação é  $75\text{Az}/71^\circ/165\text{Az}$ .



**Fotografia 4.12-** Porfiroclasto do tipo sigma em paragnaisse, indicando movimento dextral (lagedo) (porção norte da área). Foliação:  $261\text{Az}/88^\circ/351\text{Az}$ .



**Fotografia 4.13-** Foliação e lineação bem marcadas no paragnaisse da porção norte da área Domínio 02. A foliação é  $100\text{Az}/61^\circ/190\text{Az}$ , e juntamente com lineação foi gerada pela deformação que provocou o terceiro dobramento.



**Fotografia 4.14-** Dobras transpostas dentro da foliação da rocha calcissilicática, feição típica de evolução de milonitos (porção norte da área). Esta foliação é a principal:  $284\text{Az}/88^\circ/194\text{Az}$ .

Na porção sudeste da área estudada ocorre dois tipos de paragnaises, xisto, mármore, embasamento, ortognaisse granítico eqüigranular. São vistas nesta área as dobras invertidas e parte da zona de cisalhamento dextral.

No paragnaisse pelítico foram encontrados lineação de estiramento, bandas de cisalhamento, nítida foliação, feldspatos levemente assimétricos, sombras de pressão em granada. Também foram vistas dobras normais dadas por veios de quartzo.

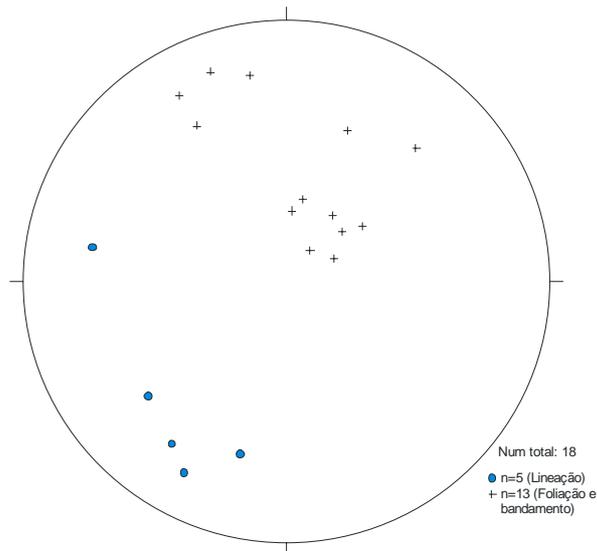
O paragnaisse apresenta “*pinch and swell*” e *boudins* que indicam movimento com topo para noroeste (fotografia 4.15); esta litologia é cortada por uma zona de cisalhamento sinistral. Localmente há estiramento mineral, ocasionalmente mais bem marcado do que a foliação. O xisto apresenta duas foliações e *boudins*. Os ortognaises bandados (embasamento) apresentam dobras paralelas, e sua foliação ocorre com mergulhos altos em alguns locais e muito baixo em outros. Por vezes se encontram cisalhados. O ortognaisse granítico eqüigranular apresenta bandamento dentro da foliação, além de dobras normais.



**Fotografia 4.15-** *Boudins* assimétricos indicando sentido de transporte para noroeste, dentro da foliação do paragnaisse (corte na porção sudoeste da área). A foliação é  $276Az/40^{\circ}/6Az$ .

### 4.3 - ESTEREOGRAMAS E INTERPRETAÇÕES

No Domínio 01, os dados planares se agrupam em dois conjuntos (figura 4.2): uma foliação é de baixo ângulo, com mergulho para SW, a outra é de alto ângulo com mergulho para SE. Esta última só foi vista no ortognaisse granodiorítico do embasamento e no ortognaisse granítico eqüigranular. Quanto às lineações, a maioria cai em baixo ângulo para SW, provavelmente sendo posteriores ao cisalhamento.

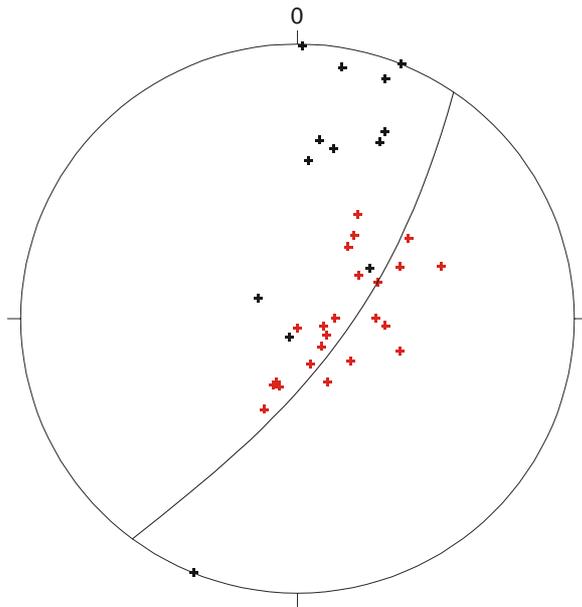


**Figura 4.2-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações - Domínio 01.

Ainda neste domínio, os dados referentes a planos axiais e eixos de dobramentos suaves são escassos, tendo sido obtidos apenas os dados a seguir: direções de plano axial: subvertical/ 220Az; eixo de dobra: 30°/220Az e 34°/220Az. A partir destes dados pode-se observar que o caimento de eixo tem mesmo sentido que as lineações do mesmo domínio.

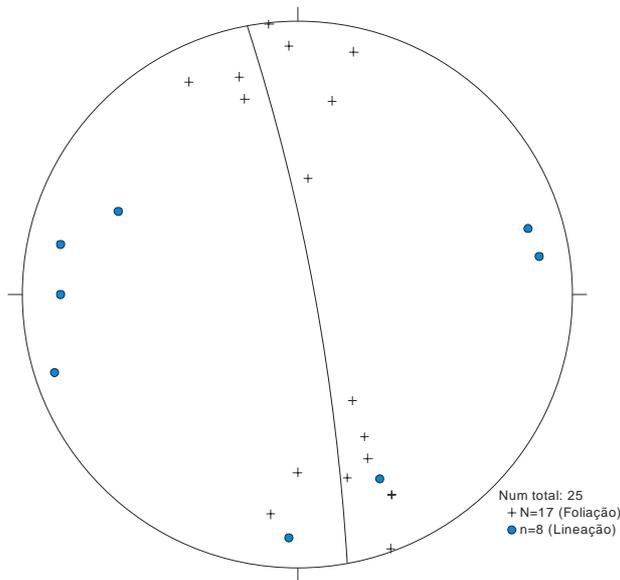
A quarta geração de dobramentos afetou fracamente toda a região estudada. As áreas mais afetadas foram a norte da ZCCCN, incluindo o domínio 01, mas se destacando realmente a noroeste. O afloramento que melhor comporta este registro é mostrado na fotografia 4.4, e seus dados são dispostos em vermelho no estereograma da figura 4.3. Esta quarta geração apresenta-se como dobras suaves a abertas e as direções de seus planos axiais variam de NW-SE a N-S.

No Domínio 02, a maioria das lineações de estiramento apresenta caimento baixo, em torno de W ou E-NE (figura 4.4); as foliações são de ângulo alto (maioria) a intermediário, com mergulhos para N-NW ou S-SE; os mergulhos opostos indicam existência de dobramento, que vem a ser o maior da área. A figura 4.5 confirma o dobramento, apresentando as direções de plano axial e eixo do dobramento. Esta dobra pode ser facilmente separada da que aparece na figura 4.3.

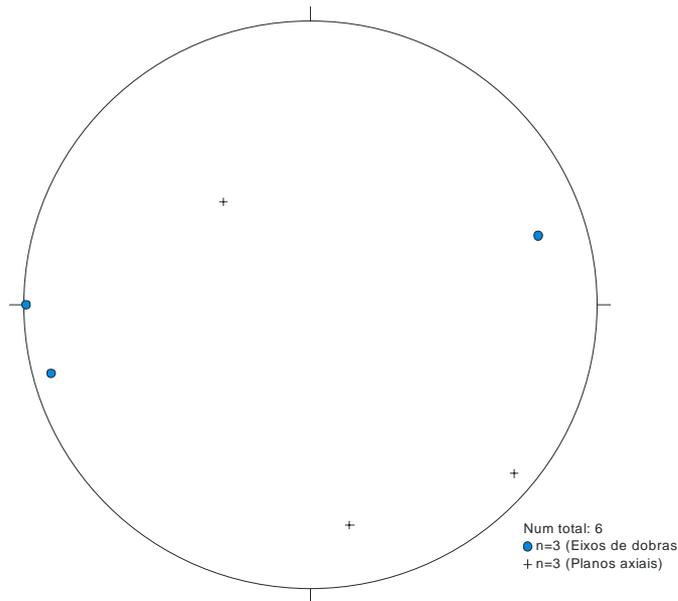


**Figura 4.3-** Pólos de foliações e bandamentos a oeste do Domínio 01 (total de dados n=36). Os pontos em vermelho correspondem aos dados de uma única dobra, que pode ser vista na fotografia 4.4.

Aproximadamente no centro da área, paragnaisses quartzíticos apresentam lineações de intersecção que se confundiam com as lineações minerais, de forma que não foi possível medir nenhuma delas.

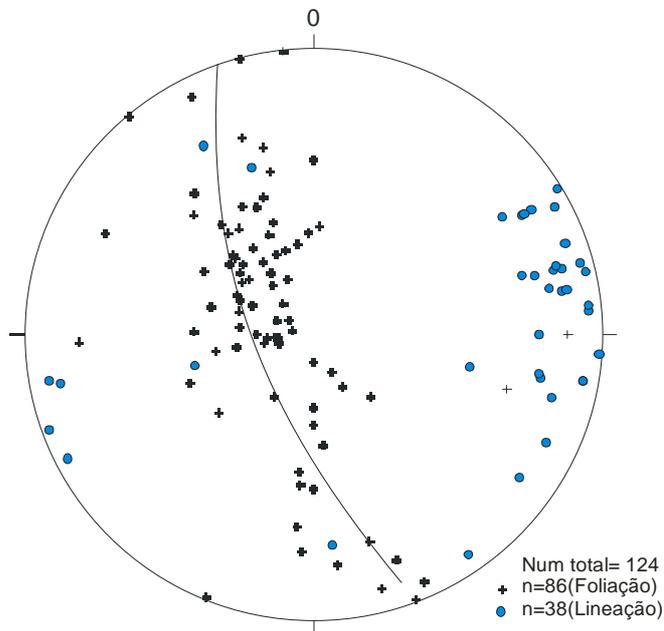


**Figura 4.4-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações no Domínio 02.



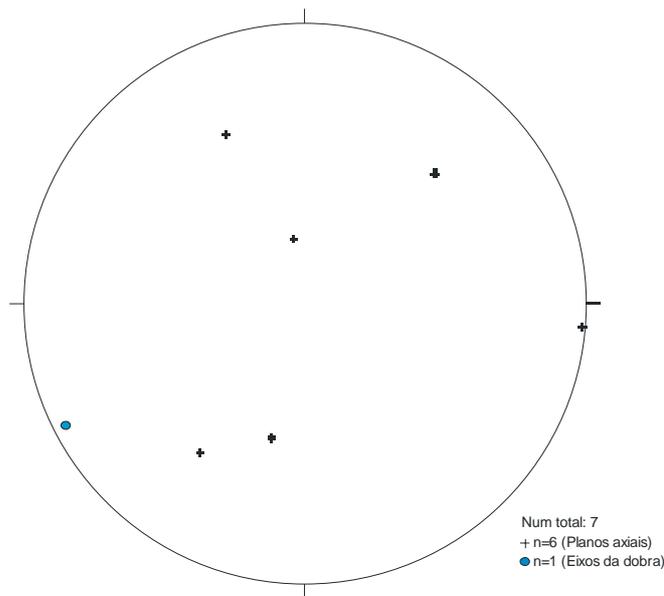
**Figura 4.5-** Pólos de planos axiais e eixos de dobras no Domínio 02.

Quanto ao Domínio 03, as lineações têm predominância de caimento em torno de E (figura 4.6). O ângulo de caimento é predominantemente baixo como visto no restante da área. As foliações aqui se apresentam com mergulho baixo a subvertical para S-SE ou N-NW indicando dobramento, mas na sua maioria têm baixo ângulo de mergulho para SE.



**Figura 4.6-** Pólos de foliações e bandamentos e lineações de estiramento no Domínio 03.

Assim como na figura 4.5, o estereograma da figura 4.7 apresenta poucos dados, mas ainda assim os planos axiais são dispersos e o eixo tem caimento para SW.



**Figura 4.7-** Pólos de planos axiais e eixos de dobras no Domínio 03.

#### **4.4 - DOBRAMENTOS**

(a) A primeira geração de dobramentos não é mais encontrada na área, de forma que os registros foram estudados a partir da segunda geração.

(b) A segunda geração de dobramentos está representada por dobras invertidas; seus planos axiais apresentam direção SW-NE, vergência NW e mergulhos intermediários. Pode ser observado na fotografia 4.14. No mapa, aparece como uma antiforme e uma sinforme. Metassedimentos (incluindo as variedades xisto e paragneisses pelítico e quartzítico) consistem praticamente na única litologia afetada por esse dobramento. As foliações ocorrem em ângulos baixos a intermediários, com ambos os limbos mergulhando para o mesmo lado. O eixo da dobra foi distorcido pelas gerações posteriores de dobramento.

(c) a terceira geração de dobramento foi a que marcou mais fortemente a área. Caracteriza-se por dobras normais, com direção de plano axial E-W e caimento de eixo para E. Esta geração foi observada com frequência ao longo da área, mas é melhor representada entre as zonas de cisalhamento ZCCCN e São Bento, ocorrendo em grande parte como sinforme e antiforme que abrange metassedimentos, mas também outras litologias, como o ortogneisse granítico equigranular e rochas calcissilicáticas. Esta fase se encontra representada em estereograma na figura 4.5. Assim como ocorre com a segunda geração, seu eixo encontra-se afetado pela geração posterior – neste caso, permanece com direção geral E-W, mas passa a ficar ondulado.

(d) a quarta geração de dobramentos, bem como a terceira, afeta toda a área, embora com menor frequência; em mapa é melhor percebida na porção NW (onde há um eixo de dobra com caimento para SE), e aparece mais discretamente nas porções N e NE. Caracteriza-se por dobras suaves a abertas, cujo plano axial tem direção NW-SE a N-S.

A ZCCCN, sinistral, ocorre na porção nordeste da área, com direção NE, sendo composta por dois segmentos que se unem no centro da área, com direção E-W, seguindo paralelamente à zona de cisalhamento dextral Coxixola, esta no centro-oeste da área. Atravessa toda a área e seu efeito pode ser visto nas foliações de alto ângulo de alguns dos estereogramas. Associado a esta zona de cisalhamento está a subida de corpos graníticos observados na região. Os ortognaisses graníticos e metassedimentos foram cortados por este cisalhamento.

A outra zona de cisalhamento, mais a sul, é dextral. Tem direção E-SE, e chega a pouco mais da metade da área, a partir do extremo E. Este cisalhamento corta o embasamento e os metassedimentos da região.

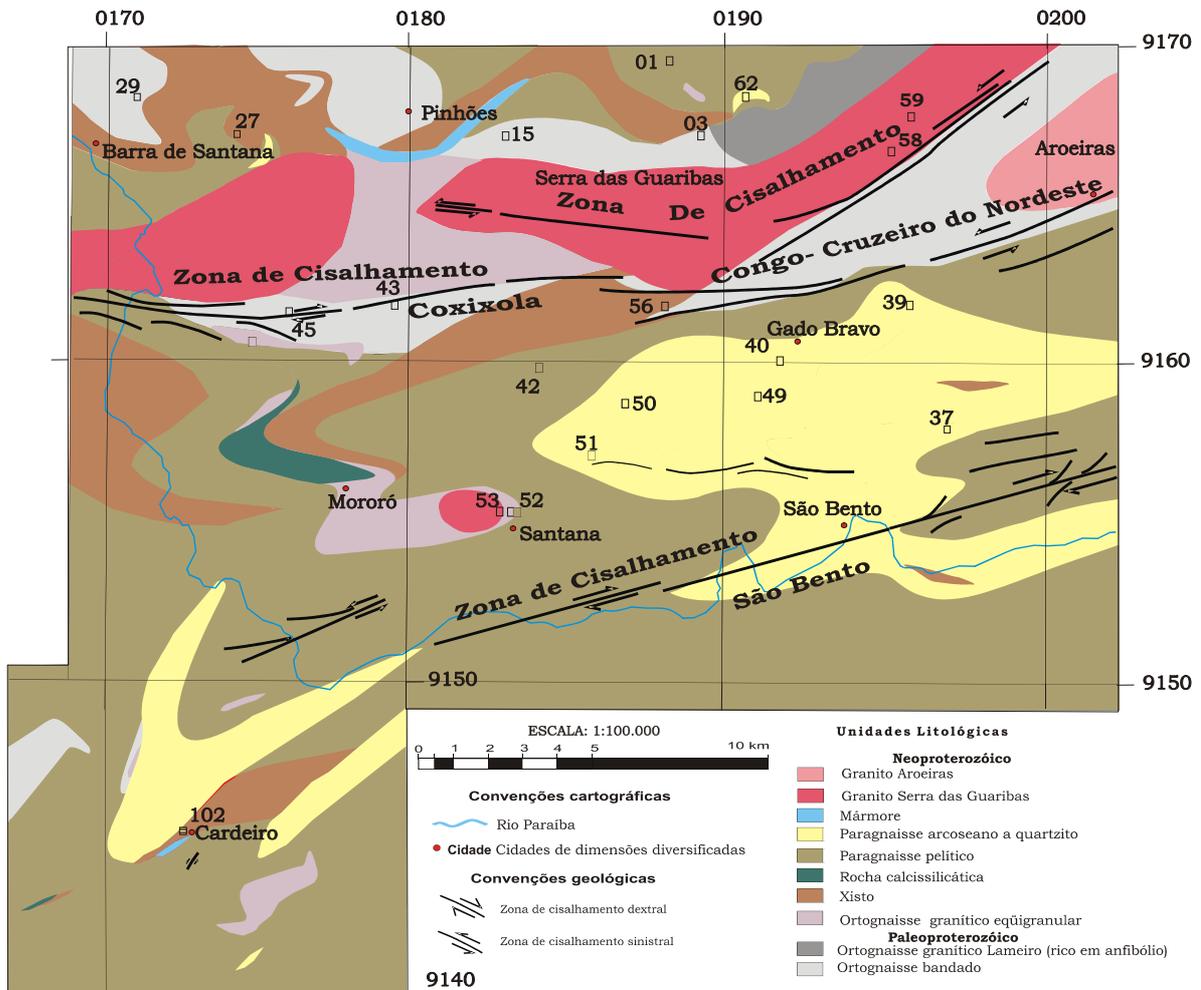
Há uma terceira zona de cisalhamento na área, com expressão bem menor, de direção também E-SE, mas sentido de movimento sinistral, que ocorre na porção W-SW da área.

As zonas de cisalhamento da área apresentam, de forma geral, direções similares. São cisalhamentos gerados a partir de um mesmo evento, que teria sido simultâneo à terceira fase de dobramentos. Aparentemente houve uma compressão que teria se desenvolvido em regime dúctil, de forma a haver geração das dobras; esta compressão teria sido na direção NW-SE. Dividindo-se o esforço em componentes N-S e E-W, seria dividir o esforço nos tipos de deformação cisalhamento puro e cisalhamento simples: o primeiro seria responsável pela geração de dobras normais melhor vistas no Domínio 03 e o segundo, pela formação das zonas de cisalhamento.

# 5 - LITOGEOQUÍMICA

## 5.1 - INTRODUÇÃO

Um conjunto de vinte e sete amostras foi selecionado para análises químicas; consistem em metassedimentos e ortognaisses coletados a norte, a sul e dentro da ZCCCN (figura 5.1). Os resultados das análises encontram-se no Anexo C. A partir das quantificações obtidas sobre os elementos maiores, menores e traços, incluindo elementos terras raras (ETR), foram feitos diagramas de variação química do tipo Harker (1909) (utilizando percentual em peso de sílica como índice de diferenciação), diagramas de ETR; multi-elementares (aranhagramas) e gráficos de classificação geral binários e triangulares, utilizando a versão beta do programa PetroGraph (Petrelli, 2007) ou, em alguns casos, utilizando o Excel.



**Figura 5.1-** Mapa litológico com os pontos de coleta das amostras utilizadas nos estudos geoquímicos. Para maiores detalhes, ver Anexo D.

## 5.2 - METASSEDIMENTOS

A tabela 5.1 especifica a amostragem dos tipos litológicos e as localiza em relação a ZCCCN, além de fornecer seus percentuais em sílica. As amostras de prefixo “CIV” ficam fora da área de estudo (a leste), mas ainda a sul da ZCCCN, dentro Terreno Rio Capibaribe.

**Tabela 5.1-** Denominações, localidades, litologia e percentual (em peso) das amostras de metassedimentos analisadas em elementos maiores, menores e traços.

Posição em relação a ZCCCN	Amostra	Litologia	SiO <sub>2</sub> (%)
norte	VAN-01	Paragn	69.34
norte	VAN-27	Paragn	58.84
norte	VAN-62	Paragn	66.59
lim N-S	VAN-39	Paragn	66.97
lim N-S	VAN-56	Xisto	69.05
sul	VAN-37	Paragn	67.53
sul	VAN-40	Paragn	66.11
sul	VAN-42	Paragn	69.66
sul	VAN-49	Paragn	76.01
sul	VAN-50	Paragn	66.57
sul	VAN-51	Paragn	67.34
sul	VAN-52B	Paragn	70.54
sul	VAN-102	Xisto	66.09
sul	CIV-12	Paragn	67.62
sul	CIV-54	Xisto	57.44
sul	CIV-66	Paragn	68.44

Os valores extremos e médios dos óxidos são mostrados na tabela 5.2 e comparados ao valor médio na crosta continental para o óxido em questão.

As razões K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O variam de 0,39 a 2,38, sendo maiores do que 1 os valores das amostras VAN-27, VAN-56, VAN-51, VAN-37, VAN-102, CIV-54, VAN-52B e VAN-40; são menores do que 1 os valores das amostras restantes. As razões de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> /MgO variam de 1,69 a 5,51. As razões Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) são todas maiores do que 1.

**Tabela 5.2-** Valores extremos e a média (todos em %) dos principais óxidos nos metassedimentos, bem como comparação com os valores médios obtidos por Clarke e Washington (1924) para a crosta da Terra.

Óxido	Menor valor	Maior valor	Média dos valores	Média da crosta
SiO <sub>2</sub>	57,44	76,01	67,13	60,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,30	17,39	14,77	15,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,71	8,38	5,32	3,14
MgO	0,31	3,22	1,98	3,56
CaO	0,70	6,28	2,68	5,17
Na <sub>2</sub> O	1,63	3,95	2,89	3,91
K <sub>2</sub> O	1,46	5,93	2,86	3,19
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,92	0,64	1,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,482	0,17	0,30

## 5- LITOGEOQUÍMICA

Como se pode observar,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  apresentam valores médios que pouco destoam da média da crosta;  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são os únicos que apresentam valores médios acima dos da crosta, enquanto  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  apresentam valores médios em torno da metade dos valores médios da crosta. As diferenças podem se dar devido a (1) composição original ser diferente da média da crosta ou (2) composição original similar à média da crosta ter sofrido intemperismo, gerando empobrecimento em alguns componentes e, portanto, enriquecimento relativo de outros.

Para uma melhor compreensão da composição dos metassedimentos, foram utilizados diagramas Harker para os elementos menores na figura 5.2.

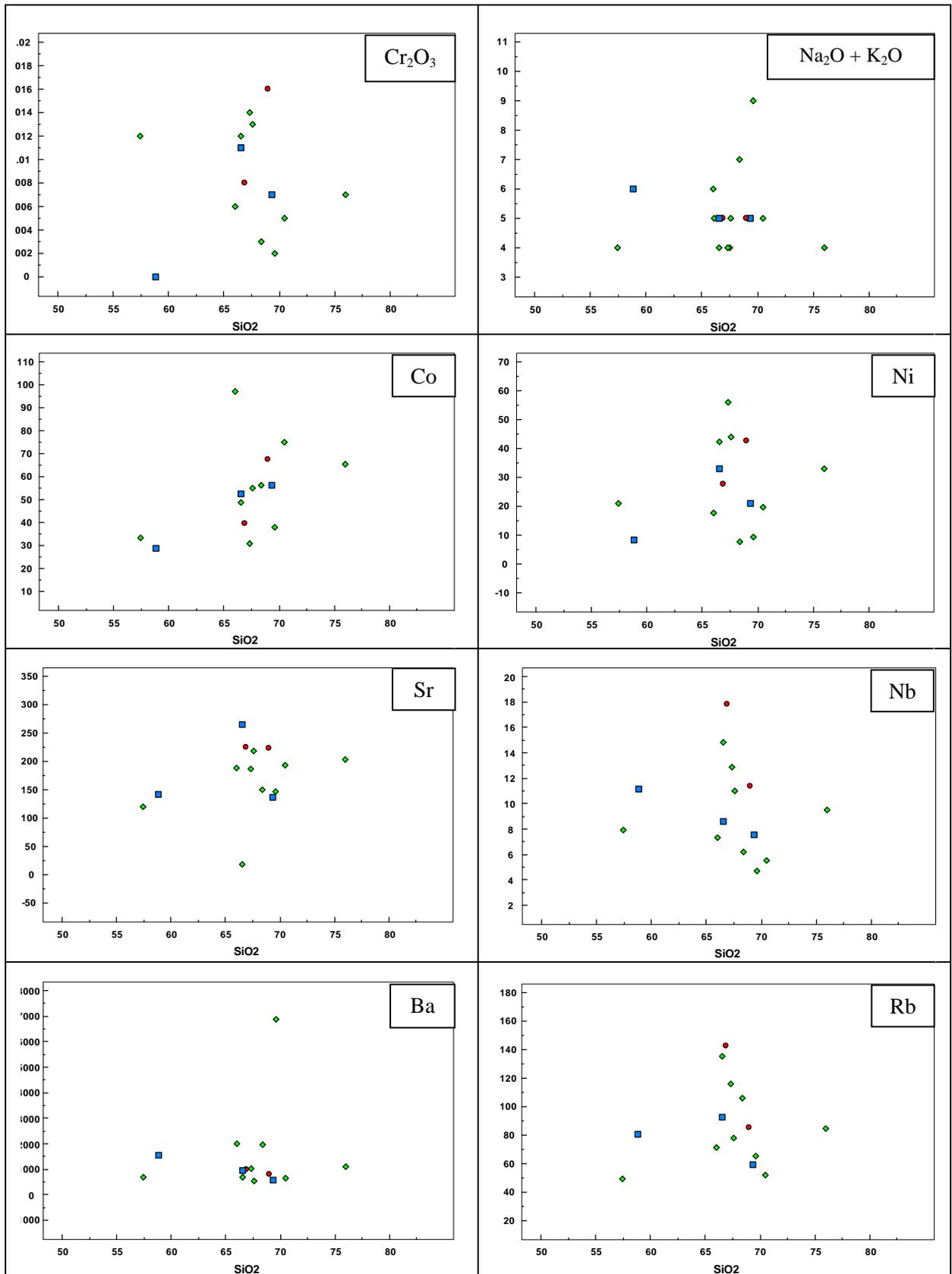
A maioria dos valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  encontra-se em um curto intervalo, indicando que não houve alto grau de intemperismo químico entre a deposição dos sedimentos e o metamorfismo sofrido pelos mesmos - embora não se descarte a possibilidade de influências de intemperismo físico. Ainda assim, como os valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  encontram-se sempre dentro da faixa de valores de rochas ígneas, há grande probabilidade destas serem fonte - ao menos parcial - dos metassedimentos.

Para quantificação do intemperismo químico sofrido pelas amostras, foi calculado o Índice de Alteração Química para sedimentos, dado pela fórmula  $[\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$ . As médias dos valores encontrados foram:

- (a) para os metassedimentos situados a norte da ZCCCN: 62,375.
- (b) para os metassedimentos situados sobre a ZCCCN: 68,232.
- (c) para os metassedimentos situados a sul da ZCCCN: 62,991.

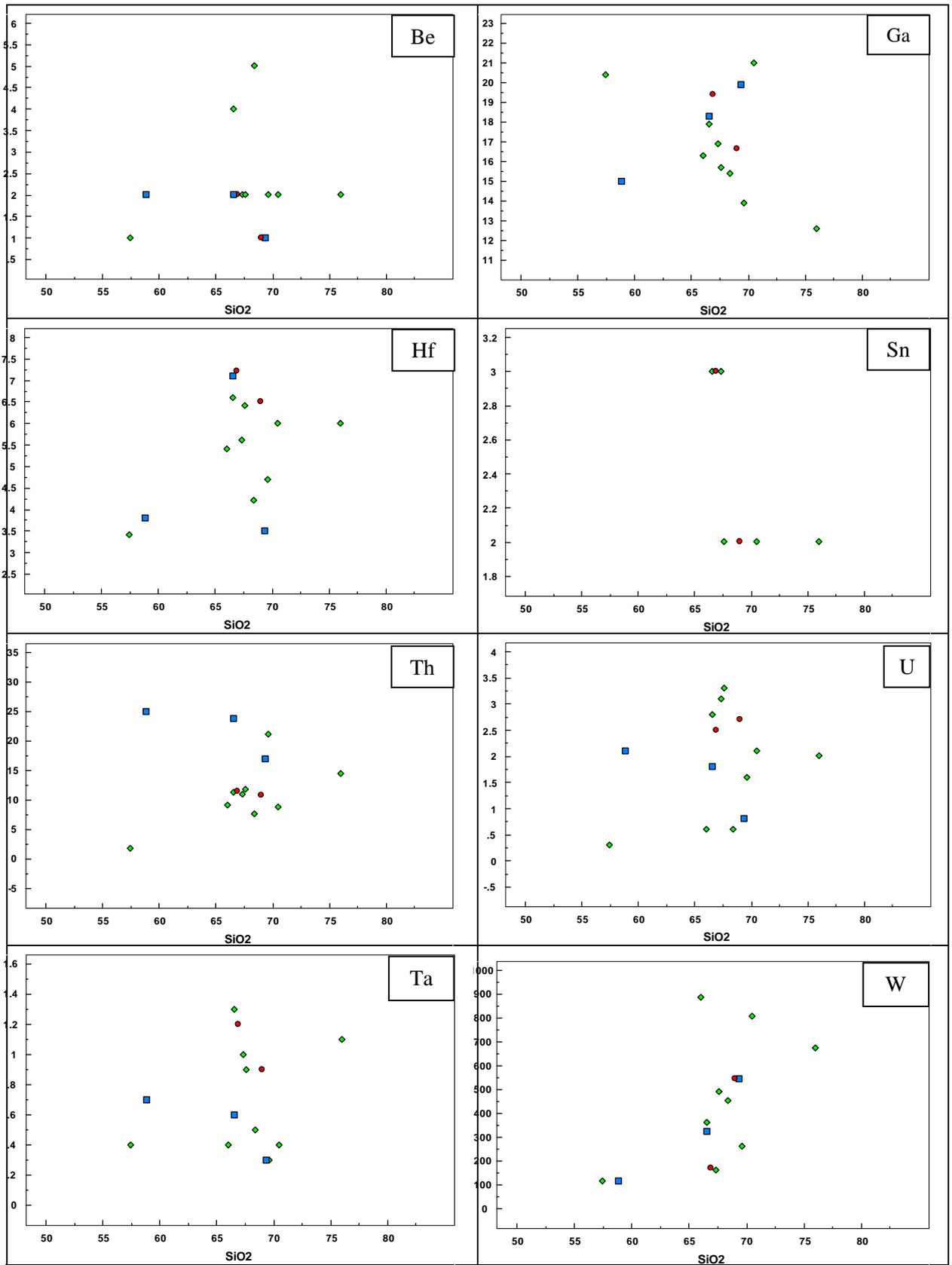
Os comportamentos observados para os metassedimentos a norte, a sul ou sobre a ZCCCN não apresentam discrepâncias, estando dispostos dentro de um mesmo agrupamento. Pode-se dizer que apresentam comportamentos geoquímicos semelhantes, sugerindo protólitos comuns às amostras dos três locais.

5- LITOGEOQUÍMICA



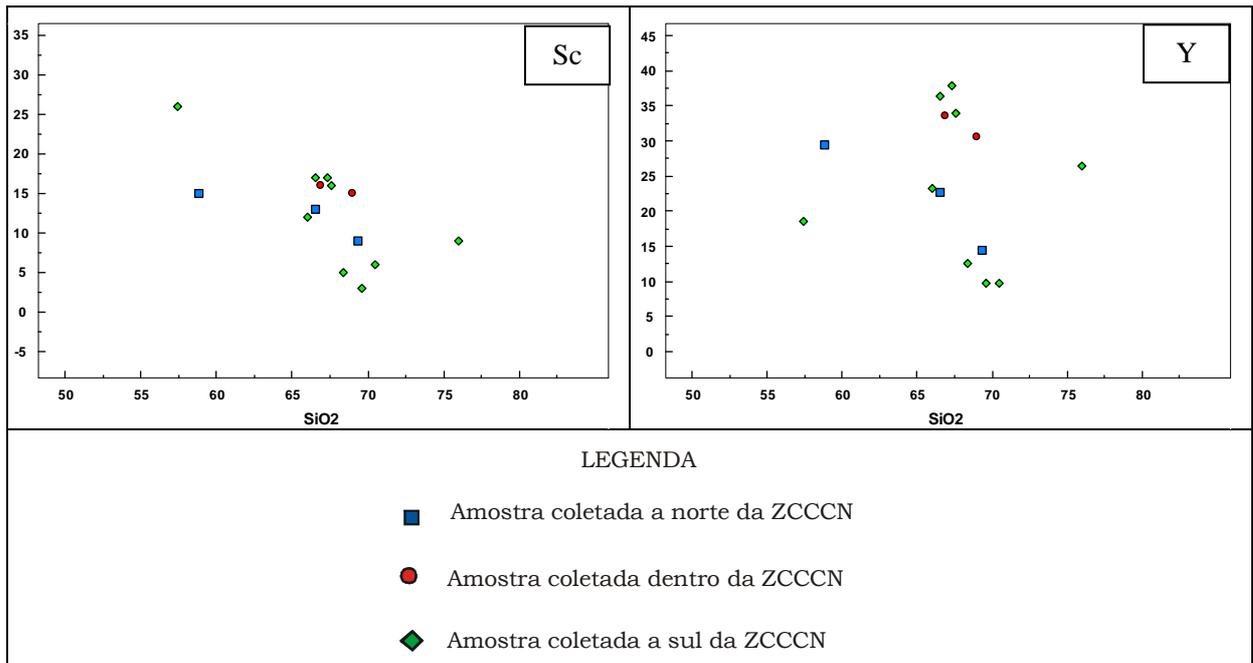
(continua)

5- LITOGEOQUÍMICA



(continua)

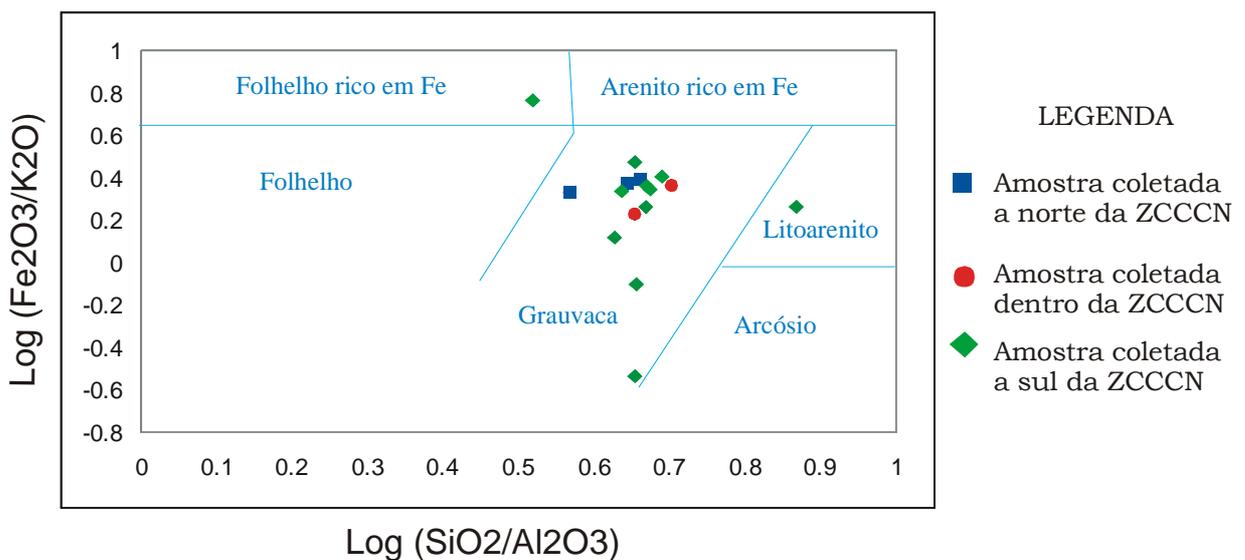
## 5- LITOGEOQUÍMICA



**Figura 5.2-** Diagramas Harker para elementos menores dos metassedimentos em estudo (tanto nas abcissas como nas ordenadas os valores são dados em ppm em peso).

A partir da figura 5.2, observa-se que Ni, Nb, Rb, Ga, Hf, U, Sc e Y apresentam correlação negativa com SiO<sub>2</sub>; aparentemente é uma forte correlação, mas fica difícil avaliar devido à baixa variação de sílica. Entretanto, é possível perceber que não há grandes variações dos elementos menores em função de sílica para amostras vindas de diferentes pontos de coleta em relação à ZCCCN, o que significa similares graus de transporte. Tais observações também sugerem uma origem comum para as amostras.

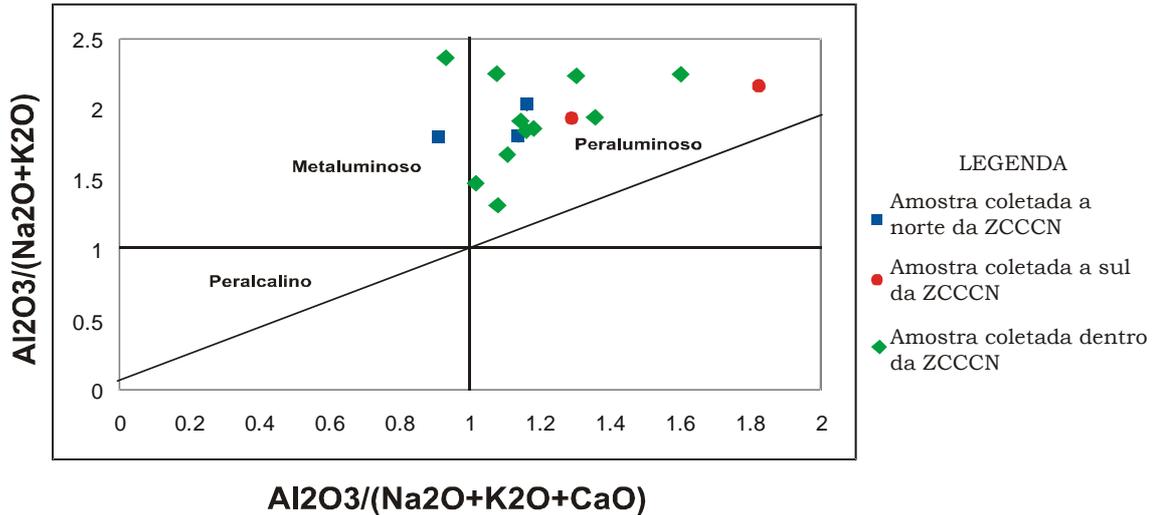
Na figura 5.3 foram dispostos os valores obtidos na análise geoquímica em



**Figura 5.3-** Diagrama de classificação geral para metassedimentos (retirado de Herron, 1988).

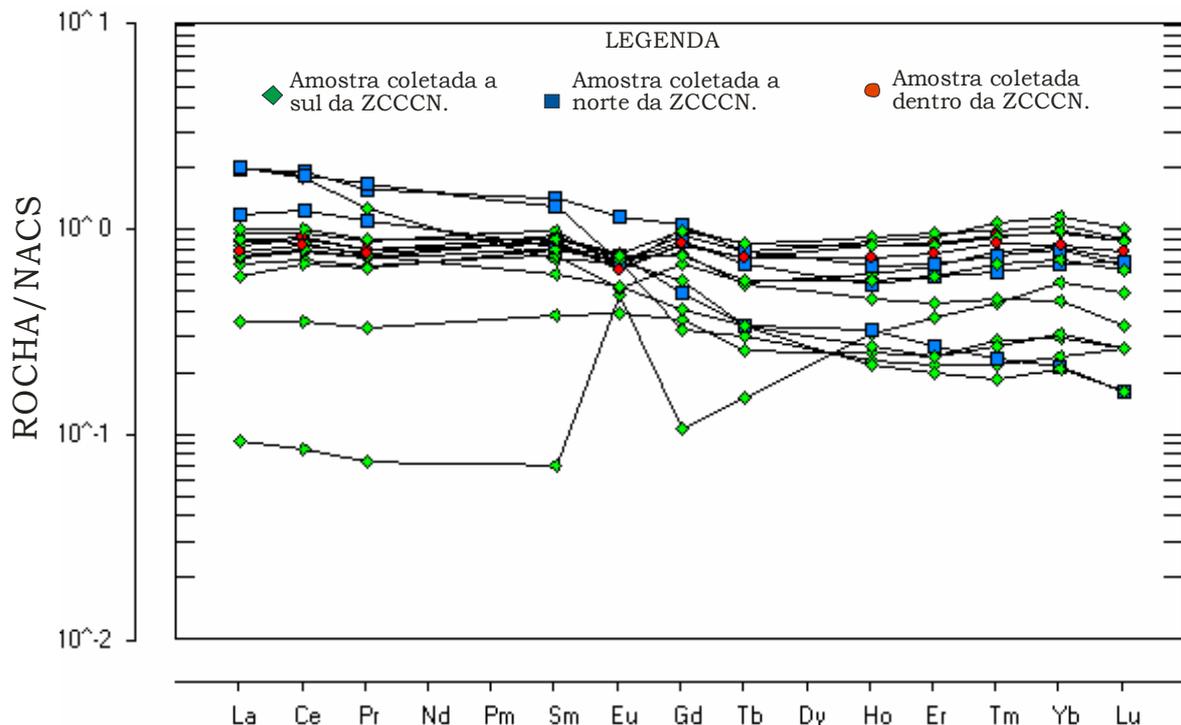
um gráfico de classificação geral. Os metassedimentos caem principalmente no campo das grauvacas; as duas exceções são as amostras de números VAN-37 e VAN-50, ambas de paragnaisses.

Os metassedimentos derivam de rochas que são de composição peraluminosa, à exceção de duas amostras metaluminosas (figura 5.4); sua afinidade geoquímica cálcio-alcalina é mostrada em seguida.



**Figura 5.4-** Dados dos metassedimentos no diagrama  $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O+CaO) \times Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$  com os campos de Maniar & Picolli (1989), baseados nos índices de Shand (1950).

Os padrões de elementos terras raras (ETR) normalizados pelo NACS (*North American Continental Shales*, Haskin & Frey, 1966), são exibidos na figura 5.5.

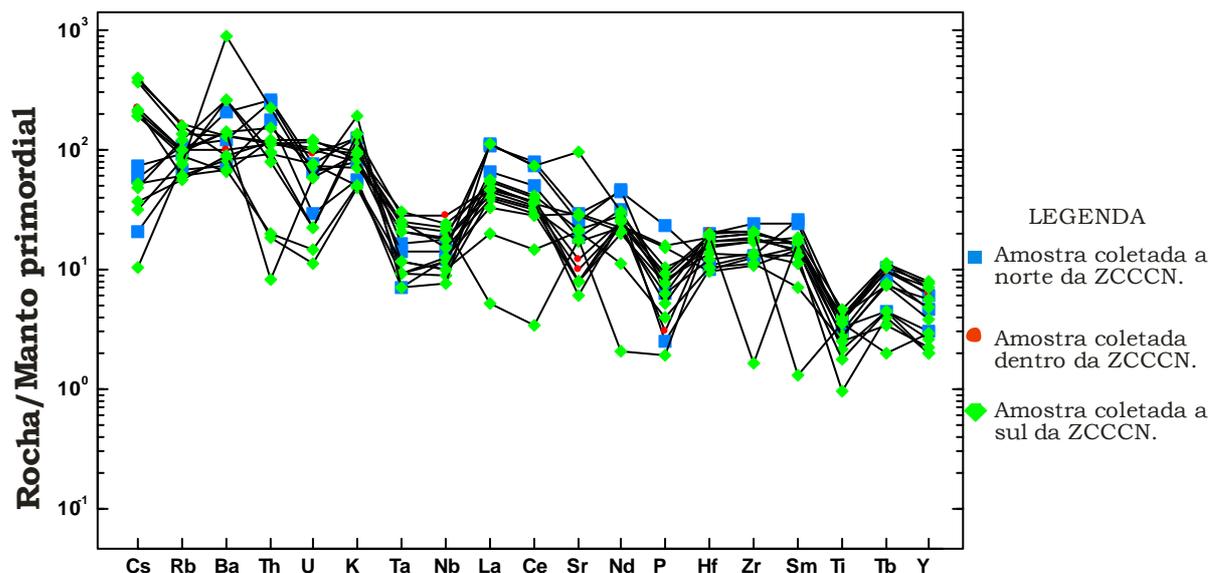


**Figura 5.5-** Diagrama de variação para elementos Terras Raras, normalizados pelo padrão NACS (*North American Continental Shales*), de Haskin & Frey (1966).

## 5- LITOGEOQUÍMICA

O padrão é pouco fracionado, aproximadamente retilíneo, com poucas exceções. As únicas anomalias positivas de Eu são das amostras CIV-66 e VAN-52B (esta muito discretamente). Existe anomalia negativa de Eu pouco pronunciada na maioria das amostras, sendo VAN-62 a mais acentuada e VAN-50 e VAN-37 as menos marcadas.

O diagrama multi-elementar (aranhagrama), apresentado na figura 5.6, foi normalizado a partir de Wood *et al.*, 1979.



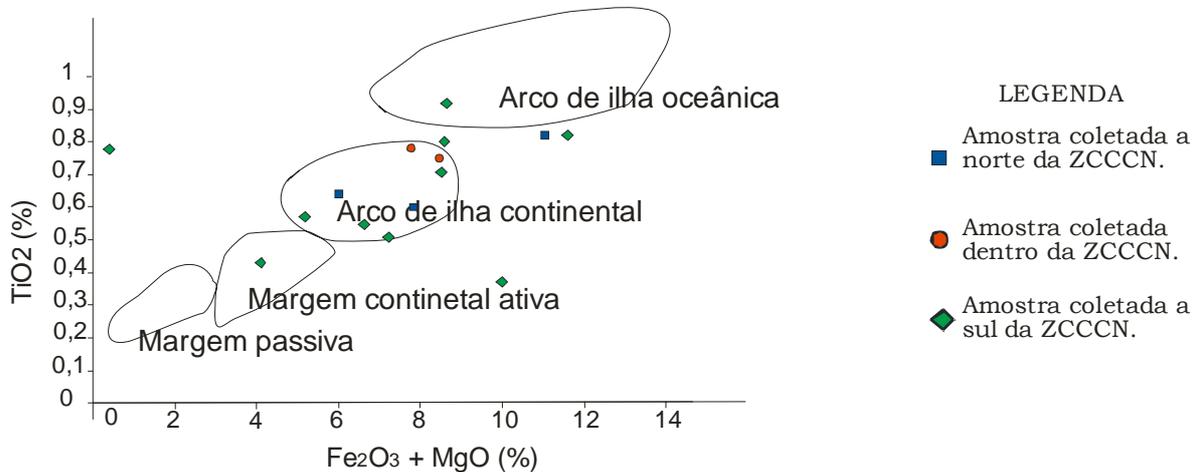
**Figura 5.6-** Diagrama multi-elementar (aranhagrama) dos metassedimentos, normalizado em relação ao manto primordial, segundo os valores de Wood *et al.*, 1979.

Neste gráfico, observa-se que os metassedimentos apresentam anomalias negativas de Sr (exceto a amostra VAN-51), Ta, Nb, P e Ti. Uma anomalia positiva de Ba é apresentada pela amostra VAN-51, que também tem o mais baixo valor de Ti. A amostra CIV-66 apresenta fortes anomalias negativas de Ce, La, Nd e P. A acentuada anomalia de Zr pertence à amostra VAN-102. Fortes anomalias negativas de Sm e Sr são dadas pela amostra VAN-27, e de Th, pela amostra VAN-56.

Picos em Ba, Ce, Nd e Zr são algumas das características observadas na figura 5.6. Tais picos são comuns a granitos cálcio-alcalinos de arcos. Depressões pronunciadas em Sr, Ti, Nb e Ta também são características de granitos reconhecidamente alcalinos ou de granitos cálcio-alcalinos altamente fracionados. É conveniente lembrar a possibilidade de que tais características venham a refletir assinatura geoquímica da fonte dos metassedimentos, e uma vez que as rochas ígneas da região estão sendo estudadas como possíveis rochas-fonte, não se deve descartar um confronto de suas naturezas.

## 5- LITOGEOQUÍMICA

Em relação à ambiência tectônica, dados são apresentados e classificados segundo Bhatia (1983) na figura 5.7. A maioria das amostras situa-se dentro ou próximo aos bordos dos campos referentes aos ambientes de arco de ilha continental e arco de ilha oceânica. Novamente, para todos os gráficos, a distribuição dos dados tomando por critério a posição em relação a ZCCCN não apresenta diferenças.



**Figura 5.7-** Distribuição dos dados (em percentual em peso) dos metassedimentos da região estudada em ambientes geotectônicos. Os campos são de Bhatia (1983).

### 5.3 - ORTOGNAISSES

A tabela 5.3 comporta nomes e localizações das amostras analisadas.

As rochas vão de intermediárias (uma ao norte, duas ao sul e três na ZCCCN) a ácidas (figura 5.1), com sílica variando de 57,7 a 71,68%, com maioria entre 63 e 67%, sendo superior ao valor médio de sílica da crosta (66,42%).

**Tabela 5.3-** Denominações, localidades, litologia e percentual (em peso) das amostras de ortognaisses analisadas em elementos maiores, menores e traços.

Posição em relação a ZCCCN	Amostra	Litologia	SiO <sub>2</sub> (%)
norte	VAN-03	Ortogn. granodiorítico	66.42
norte	VAN-15	Ortogn. granodiorítico	65.31
norte	VAN-29	Ortogn. granodiorítico	58.44
lim N-S	VAN-43	Ortogn. granodiorítico	69.78
lim N-S	VAN-45	Ortogn. granodiorítico	69.95
lim N-S	VAN-58	Gran. gnaissificado	64.15
lim N-S	VAN-59	Gran. gnaissificado	66.04
sul	VAN-52A	Ortogn. Granodiorítico	57.70
sul	VAN-53	Gran. gnaissificado	63.12
sul	CIV-30B	Ortogn. granítico	71.68
sul	CIV-61	Ortogn. granítico	71.09

## 5- LITOGEOQUÍMICA

Os valores extremos e médios dos óxidos foram colocados na tabela 5.4 e comparados ao valor médio na crosta para o óxido em questão.

As razões  $K_2O/Na_2O$  variam de 0,61 a 2,01; são maiores do que 1 os valores das amostras VAN-29, VAN-43, VAN-58, VAN-59, VAN-52A, CIV-30B, CIV-61; são menores do que 1 os valores das amostras restantes. As razões de  $Fe_2O_3/MgO$  variam de 1,69 a 5,51. As razões  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$  são todas maiores do que 1.

A soma dos elementos alcalinos  $Na_2O + K_2O$  varia de 1,63 a 10,43%, com média de 7,98%. Já a quantidade de  $Al_2O_3$  tem média de 15,52%.

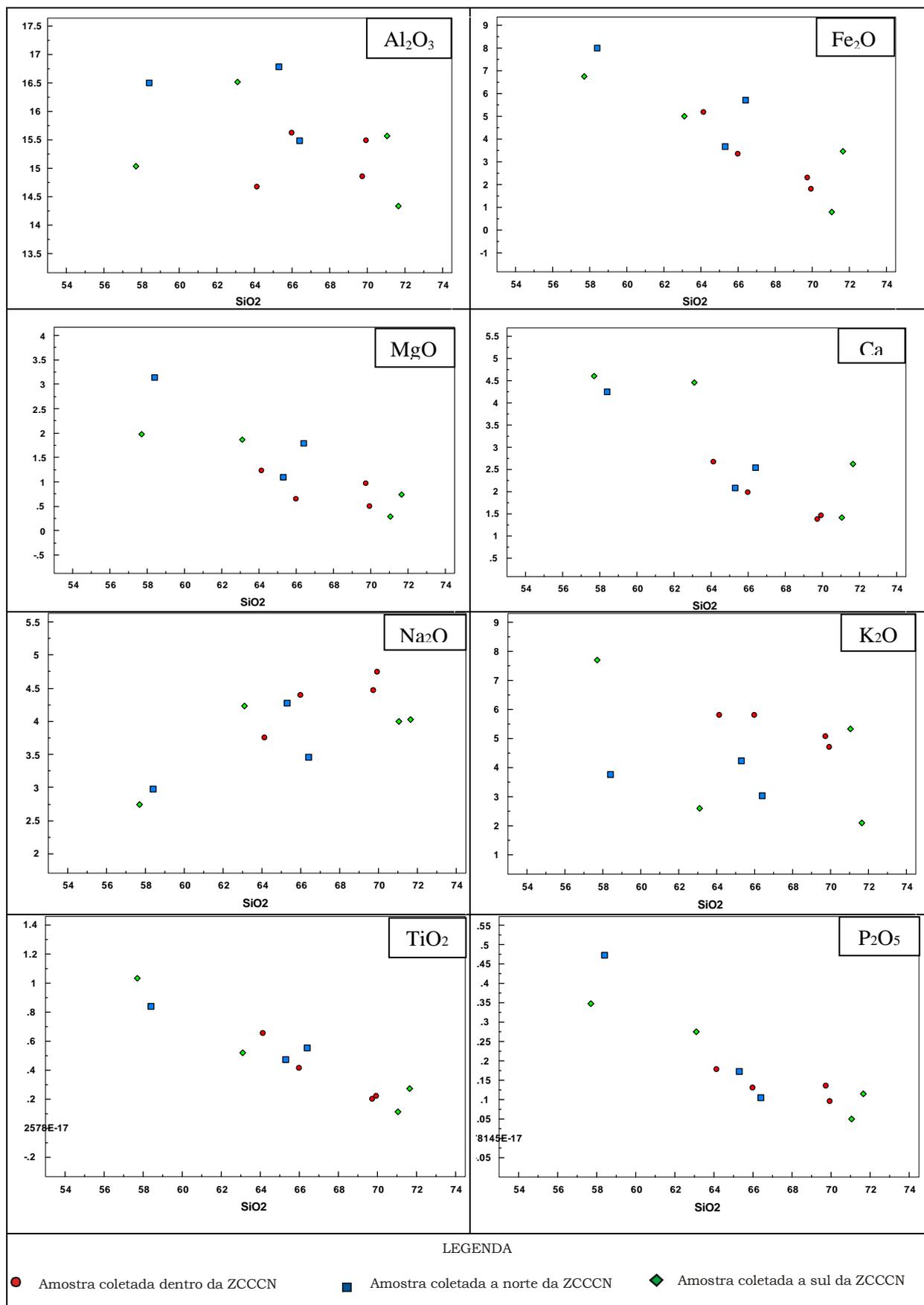
No diagrama Harker, os óxidos de elementos maiores (figura 5.8)  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$  e  $P_2O_5$  são correlacionados negativamente com  $SiO_2$ ;  $Al_2O_3$  e  $K_2O$  também apresentam correlação negativa, apesar de não terem o *trend* tão bem definido. Apenas o  $Na_2O$  apresenta correlação positiva. Um possível motivo para esta dispersão é as rochas terem alto conteúdo desse óxido, os quais são incorporados nos feldspatos, anfibólio e biotita; ou pode se dever ao fato de serem dados de diferentes ortognaisses.  $K_2O$  apresenta certa dispersão, mas de maneira geral decresce suavemente com o aumento nos teores de sílica.

**Tabela 5.4-** Valores extremos e média (em %) dos principais óxidos nos ortognaisses e comparação com os valores médios obtidos por Clarke e Washington (1924), para a crosta da Terra.

Óxido	Menor valor	Maior valor	Média dos valores	Média da crosta
$SiO_2$	57,70	71,68	65,79	60,18
$Al_2O_3$	14,32	16,77	15,52	15,61
$Fe_2O_3$	0,79	7,99	4,16	3,14
$MgO$	0,27	3,12	1,28	3,56
$CaO$	1,36	4,60	2,67	5,17
$Na_2O$	2,74	4,74	3,9	3,91
$K_2O$	2,10	7,69	4,54	3,19
$TiO_2$	0,11	1,03	0,48	1,06
$P_2O_5$	0,049	0,471	0,19	0,30

Em geral, tais correlações indicam retenção das fases máficas. Mais especificamente, os *trends* decrescentes de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$  sugerem retenção de biotita no resíduo; os de  $CaO_2$  e  $TiO_2$ , de titanita. Apatita provavelmente também ficou retida, a julgar pelo *trend* do  $P_2O_5$ . Como o *trend* de  $Na_2O$  é oposto, plagioclásio não deve ter sofrido retenção no resíduo. Tais interpretações são coerentes com os minerais que compõem as rochas, pois há pouca titanita e apatita, muito plagioclásio, enquanto biotita ocorre em quantidades que variam de 11 a 35%.

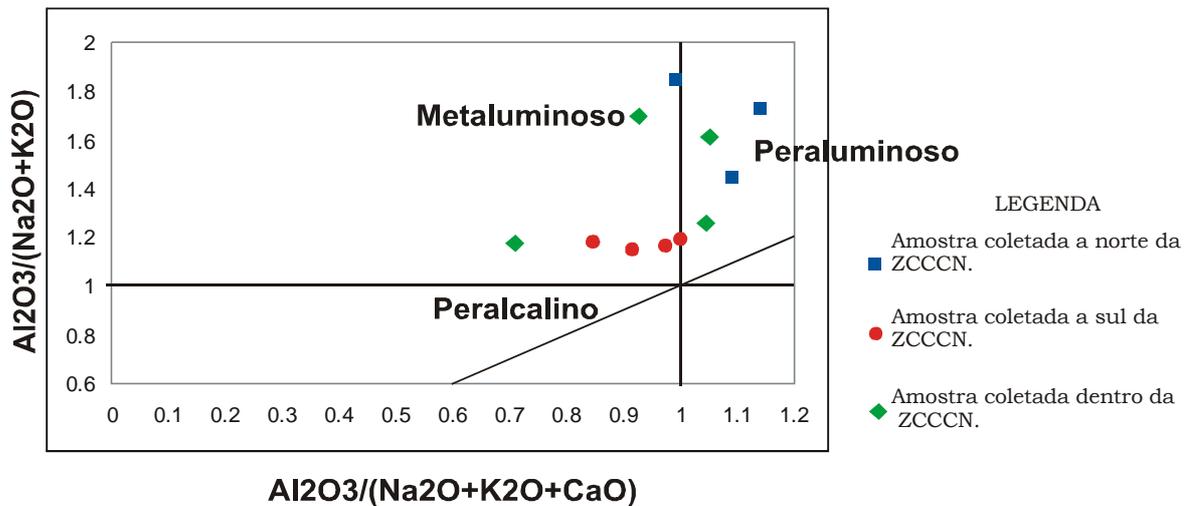
## 5- LITOGEOQUÍMICA



**Figura 5.8-** Diagramas Harker para elementos maiores dos ortognaisses em estudo (tanto nas abcissas como nas ordenadas os valores são dados em percentagem em peso).

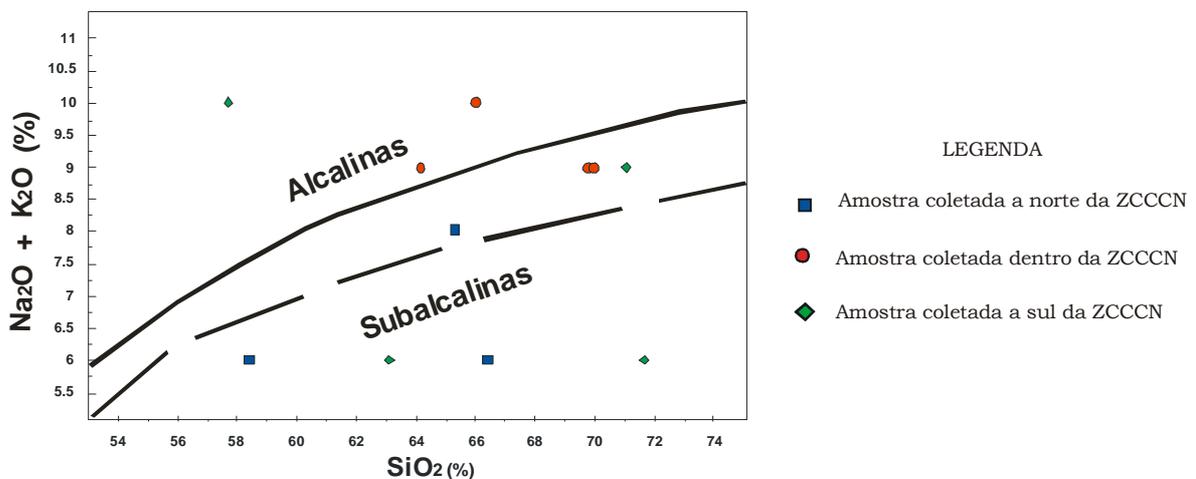
## 5- LITOGEOQUÍMICA

As amostras de ortognaisses encontram-se tanto no campo de rochas metaluminosas como de rochas peraluminosas (figura 5.9).



**Figura 5.9-** Dados dos ortognaisses no diagrama  $Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O + CaO)$  x  $Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O)$  com os campos de Maniar & Picolli (1989), baseados nos índices de Shand (1950).

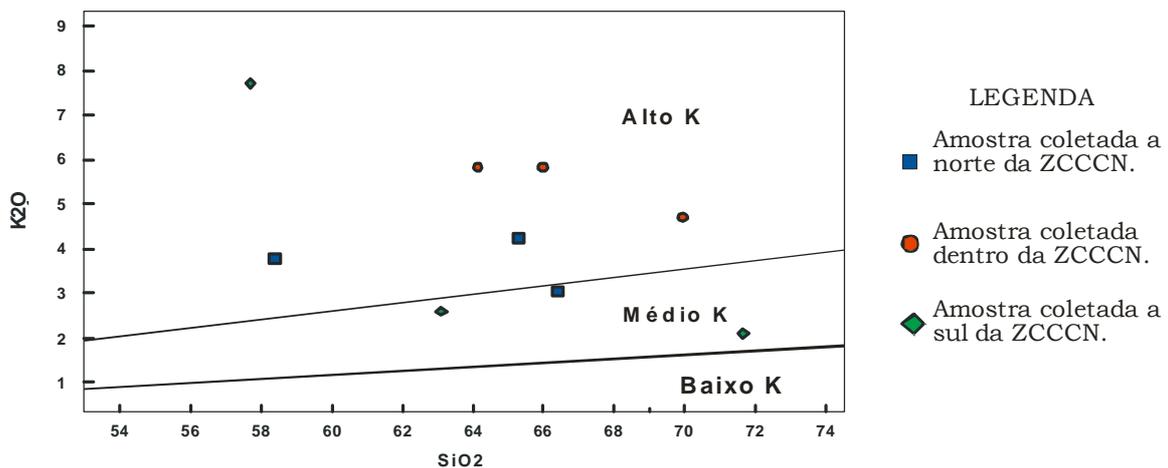
Na figura 5.10 está retratada a relação sílica x álcalis totais das amostras de ortognaisses, a partir da qual se observa que estes têm composição alcalina a subalcalina, sendo a maioria pertencente ao segundo tipo. As amostras providas da área a norte da ZCCCN (1) caem no campo da série subalcalina; as amostras coletadas sobre a ZCCCN (2) caem no limite entre as séries; as amostras do sul (3) caem sobre ambas as séries indistintamente. O campo mais alcalino indica enriquecimento em K e Na, o que é verificado nas amostras (2), que contêm mais feldspato potássico e muscovita do que (1); já o campo subalcalino mostra enriquecimento de  $SiO_2$  e álcalis em direção aos membros finais, o que se observa nas amostras (1), mais ricas em biotita e anfibólio.



**Figura 5.10-** Diagrama sílica x álcalis totais (percentuais em peso), segundo Rickwood (1989). A linha inferior é de Kuno (1966) e o limite superior, de Irvine & Baragar (1971).

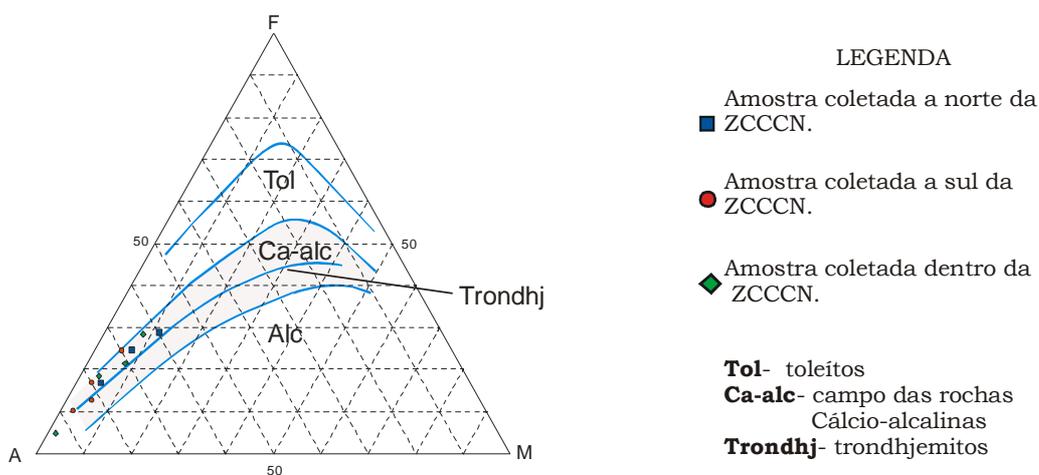
## 5- LITOGEOQUÍMICA

As observações sobre as rochas que caem no campo das alcalinas são reforçadas através da figura 5.11, utilizando os parâmetros de Streckeisen & L  Maitre (1979). Entretanto, sabendo-se que a região foi submetida a metamorfismo e conseqüentemente que o sistema esteve aberto, as varia es dos compostos podem ser atribuídas   troca de componentes durante este período, de forma que há restri es em rela o a estes dados representarem as composi es originais.



**Figura 5.11-** Diagrama de classifica o química através de parâmetros multicati nicos e normativa, em percentual em peso (Streckeisen & L  Maitre, 1979).

Utilizando o gráfico ternário AFM ((Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) x Fe total x MgO) (figura 5.12), as amostras dos ortognaisses se encontram no campo da série cálcio-alcalina. As amostras coletadas a norte, a sul ou sobre a ZCCCN não apenas se encontram no mesmo campo, como também apresentam os mesmos *trends*. Algumas amostras recaem sobre o *trend* das rochas trondhj micas.



**Figura 5.12-** Gráfico AFM (A =K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O, F=Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, M=MgO) dos ortognaisses em estudo; os campos composicionais foram retirados de Kuno (1968) e o *trend* trondhj mico, de Barker & Arth (1976).

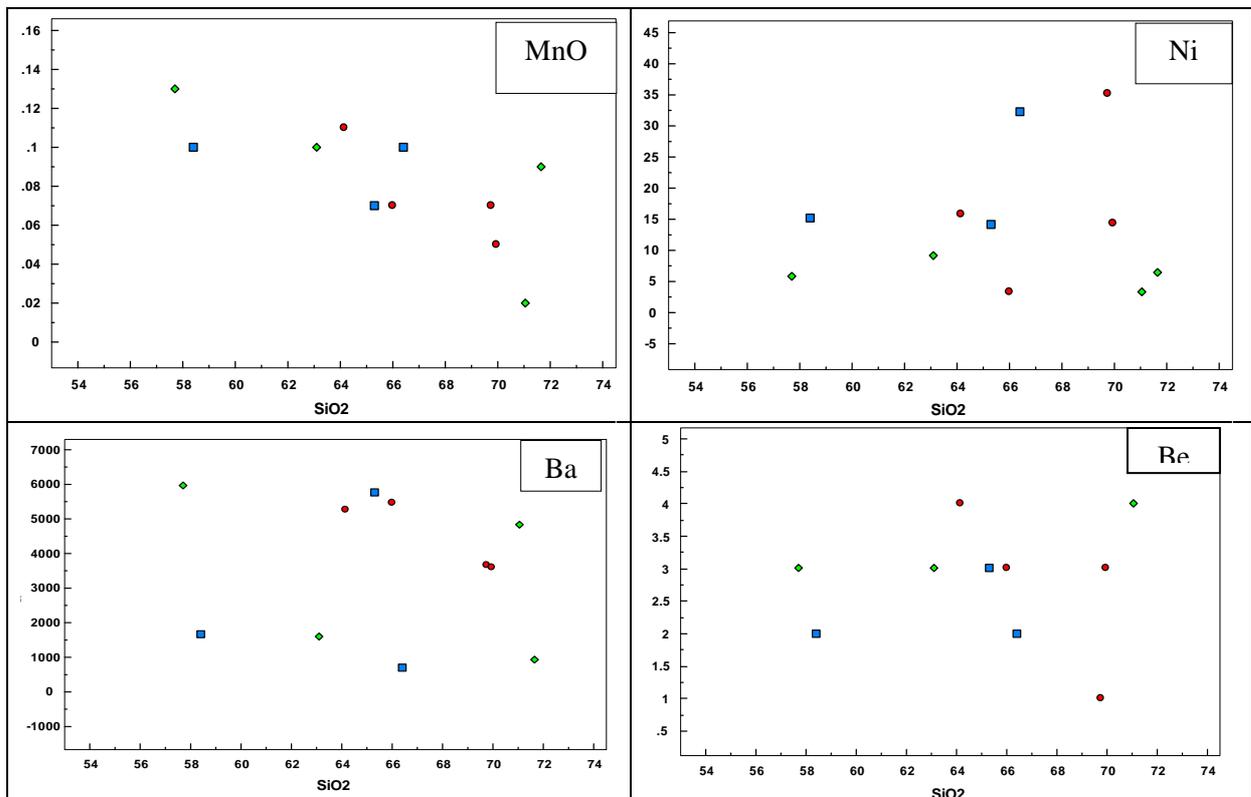
Na figura 5.13, o diagrama Harker para elementos menores mostra dados muito dispersos, por vezes tornando os resultados ambíguos. O gráfico Sn x SiO<sub>2</sub>

## 5- LITOGEOQUÍMICA

apresenta poucos dados (o restante é abaixo do limite de detecção da técnica analítica) e estes apresentam maior dispersão, sendo pouco confiável atribuir algum *trend*; mas para outros elementos é possível observar algumas correlações: moderadamente negativas entre sílica e MnO, Hf, Nb, Rb, Ta, V e Y; correlações negativas entre sílica e Ni, Ba, Be, Ga, Sr, Th, U, e moderadamente positivas entre sílica e Co e W.

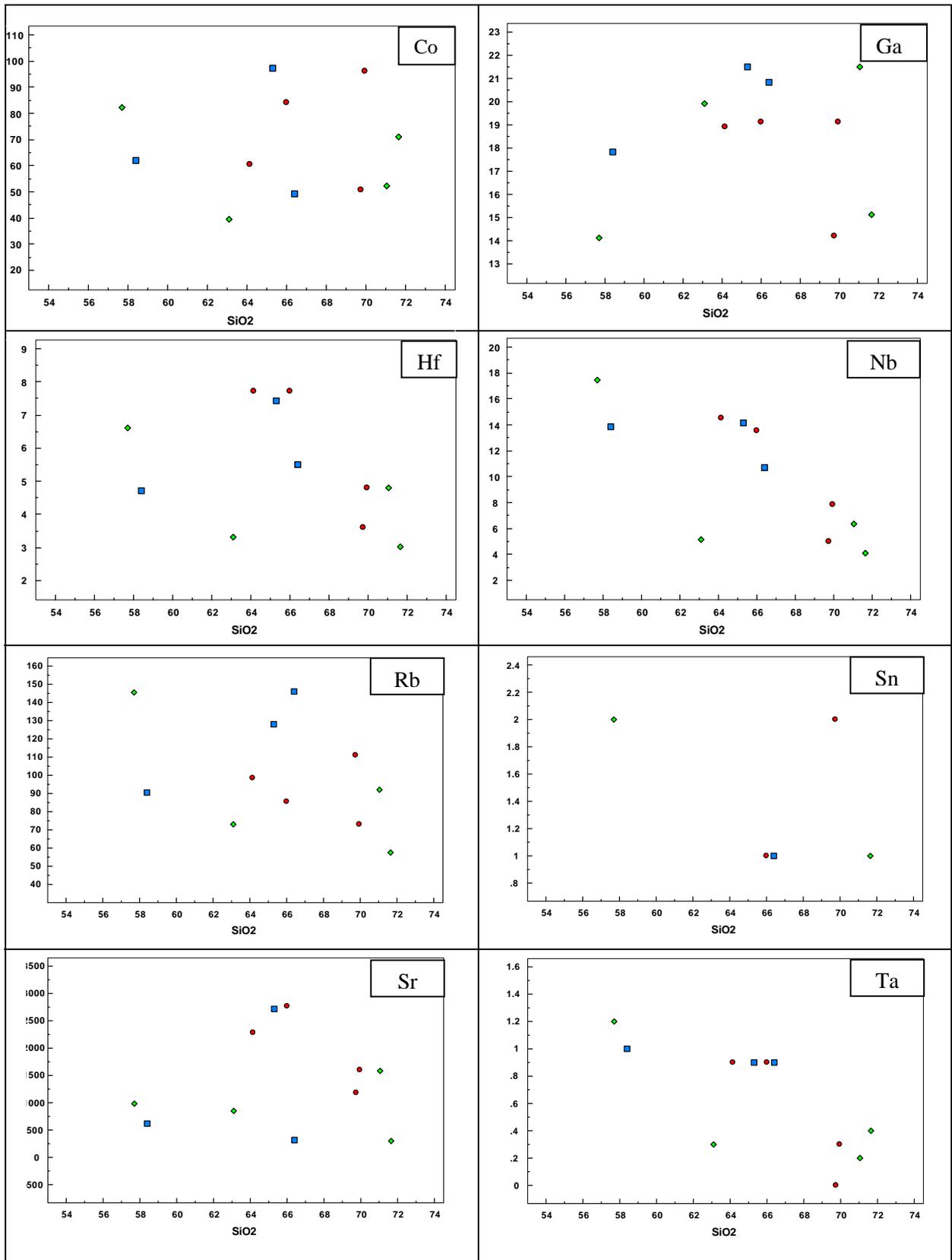
As correlações de sílica com Nb e com Ta sugerem presença residual de titanita ou apatita, enquanto as de Hf, Th e U podem estar relacionados à presença residual de zircão. Y com correlação negativa pode estar associado à retenção de anfibólio no resíduo. A forte correlação negativa do Rb também indica retenção deste na fase residual; pode ser por retenção de biotita no resíduo ou devido à entrada de feldspato potássico no líquido. Nos elementos Zr e Y, as correlações negativas com sílica sugerem retenção de apatita (Y) e zircão (Y, Zr).

Alguns gráficos parecem apresentar dois *trends*, geralmente paralelos, definidos por grupos distintos (um desses grupos seria composto apenas por VAN-29 e VAN-52a). Isto é possível devido aos dados em um mesmo gráfico não serem de uma única litologia e sim, um conjunto.



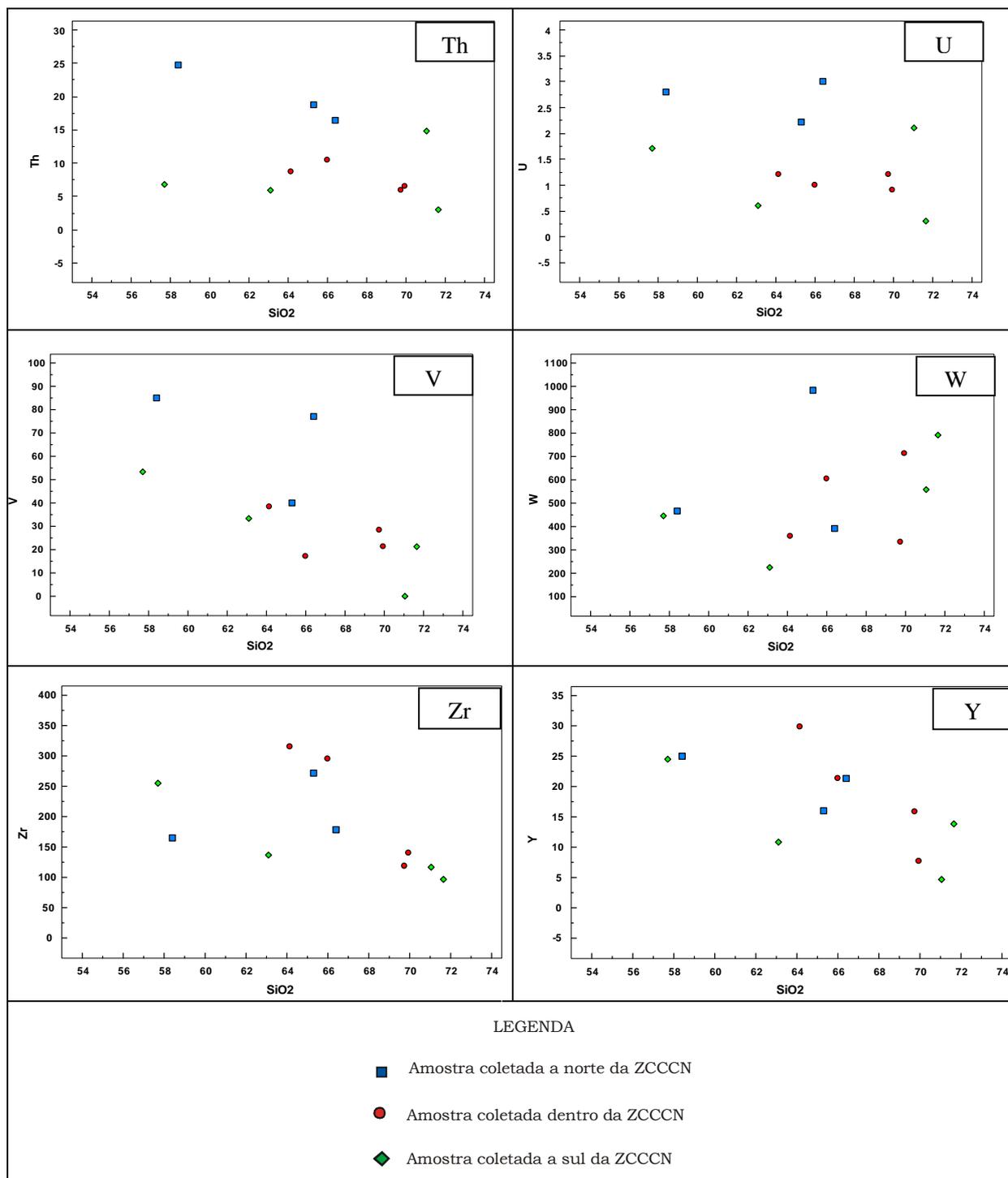
(continua)

5- LITOGEOQUÍMICA



(continua)

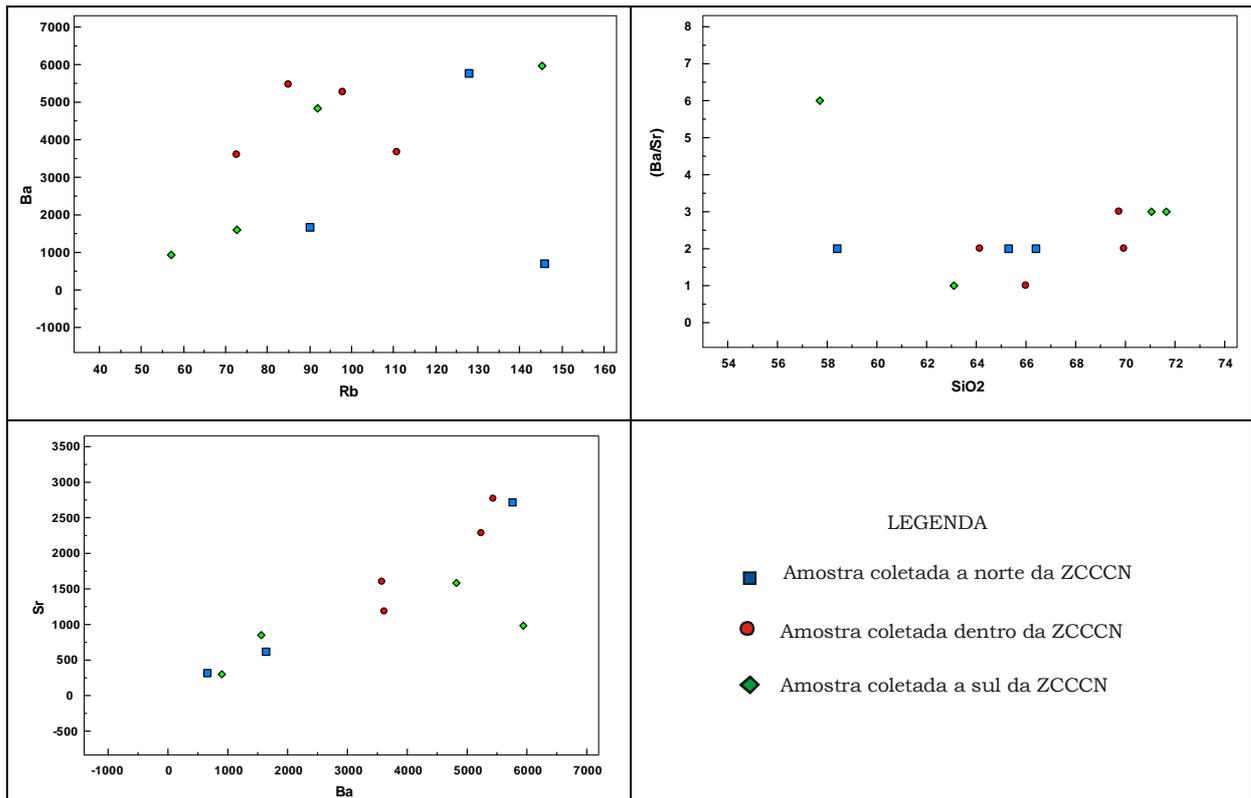
## 5- LITOGEOQUÍMICA



**Figura 5.13-** Diagramas Harker para elementos menores dos ortognaisses em estudo (tanto nas abscissas como nas ordenadas os valores são dados em ppm em peso).

Outros gráficos que podem ajudar a explicar as variações sofridas por estas rochas durante o processo de fusão parcial são as relações entre sílica, Ba, Sr e Rb (figura 5.14).

## 5- LITOGEOQUÍMICA



**Figura 5.14-** Diagramas de variação para elementos menores x elementos menores e da razão Ba/Sr x SiO<sub>2</sub> (em percentual em peso) para os ortogneisses em estudo.

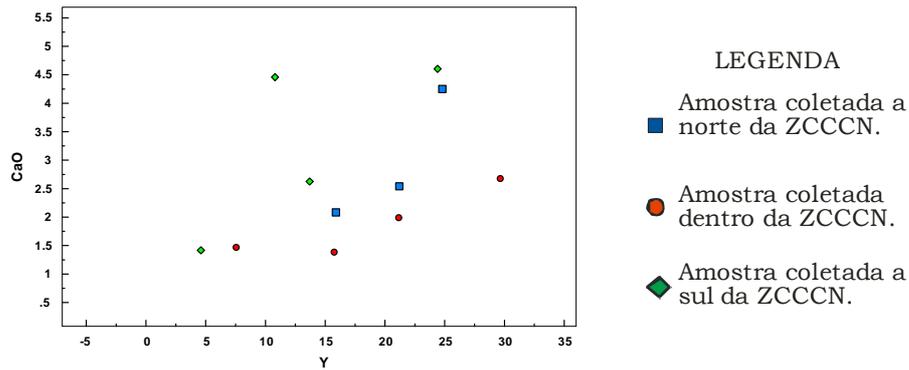
O diagrama Rb x Ba apresenta a variação de Ba (669 a 5959ppm) e Rb (57,1 a 145,9 ppm), com correlação positiva.

Em Ba/Sr x SiO<sub>2</sub>, a correlação é positiva, suave; sugere aumento de Ba no líquido, em conjunto com um aumento menor de Sr. Considerando que ambos ocorrem nos feldspatos potássicos e Ba entra na estrutura com maior facilidade, provavelmente representa fracionamento deste mineral.

No diagrama Ba x Sr, também ocorre correlação positiva, na qual o Ba varia de 669 a 5959ppm e o Sr, de 284,4 a 2759ppm. Como o teor de Ba é maior do que o de Sr, pode ter ocorrido maior acúmulo de feldspato potássico (uma vez que o Ba está relacionado a ele) no magma e/ou ausência de fracionamento de plagioclásio (ao qual Sr se relaciona).

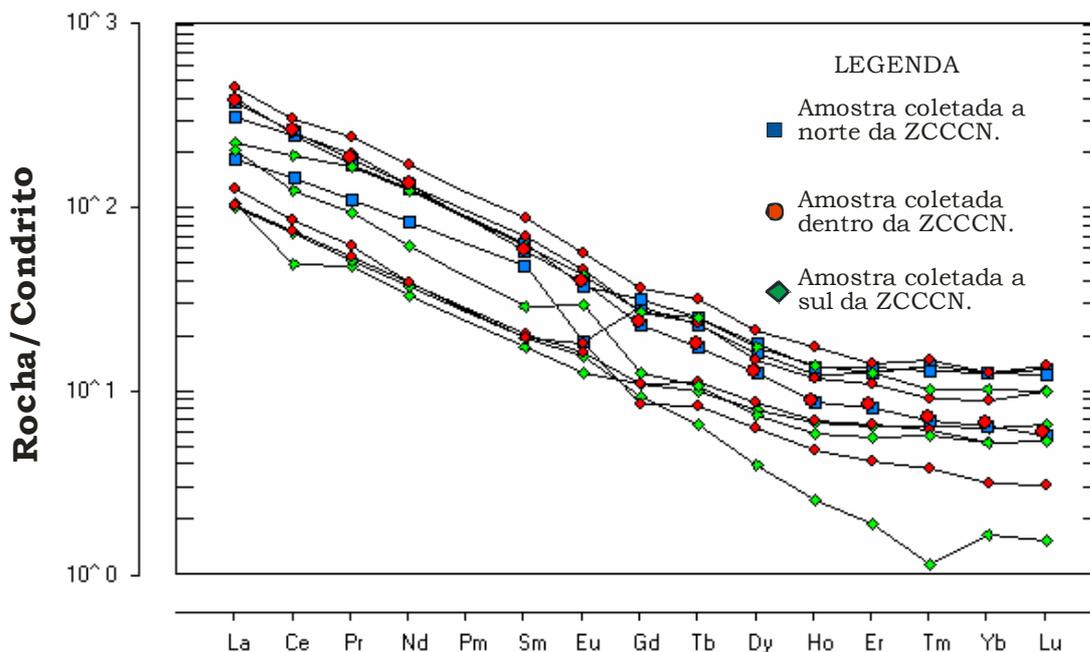
Utilizando o gráfico Y x CaO (figura 5.15), observa-se correlação positiva. Lambert & Holland (1974) consideram que tal correlação seja causada por fracionamento de anfibólio e biotita e seja característica de rochas calcio-alcálicas relacionadas a subducção.

## 5- LITOGEOQUÍMICA



**Figura 5.15-** Diagrama Y x CaO (em ppm em peso e percentual em peso, respectivamente).

O diagrama de variação para elementos terras raras (ETR) dos ortognaisses encontra-se abaixo (figura 5.16); os valores foram normalizados para o condrito, a partir dos dados de Boynton (1984). Os padrões de distribuição para as diferentes amostras são aproximadamente similares e denotam fracionamento, com enriquecimento em ETR leves e empobrecimento nos ETR pesados, o que significa que existiram fases minerais ricas em ETR pesados (como granada e zircão) no resíduo. Estes minerais foram encontrados em pequenas quantidades, nas seguintes litologias: granada nos paragnaisses (principalmente no pelítico) e ortognaisse bandado; zircão em amostras do granito Serra das Guaribas, ortognaisse do embasamento e paragnaisse pelítico.

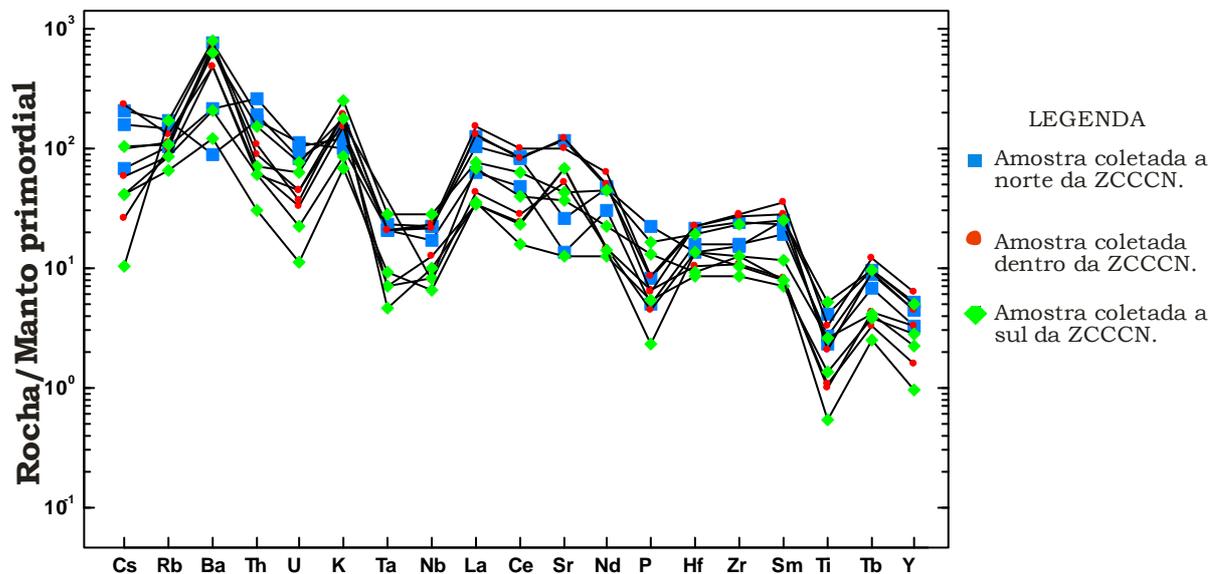


**Figura 5.16-** Diagrama de variação para ETR, normalizados pelo condrito segundo os dados de Boynton (1984).

## 5- LITOGEOQUÍMICA

No geral, os ortognaisses são caracterizados pela ausência de anomalia de Eu; porém a amostra VAN-03 (ortognaisse granítico a norte da ZCCCN) apresenta uma depressão em Eu, o que sugere fracionamento de plagioclásio e granada durante a cristalização. Já a amostra VAN-45 (ortognaisse granítico sobre a ZCCCN) apresenta anomalia positiva de Eu; em seguida está a VAN-53 (granito gnaissificado a sul da ZCCCN); tais anomalias sugerem enriquecimento da rocha em plagioclásio e/ou granada durante a cristalização. Destes, apenas o primeiro é encontrado na amostra. Ocorre empobrecimento em Ce para a amostra CIV-30B (ortognaisse granítico a sul da ZCCCN). Todas as amostras são enriquecidas levemente em Tb, à exceção de CIV-61. Empobrecimento em Tm por parte de três amostras (CIV-61, VAN-52a, VAN-59) também ocorre.

O aranhograma elaborado foi normalizado pelo manto primordial, segundo Wood *et al.* (1979) (figura 5.17).



**Figura 5.17-** Aranhograma para os ortognaisses normalizado em relação ao manto primordial (segundo Wood *et al.*, 1979).

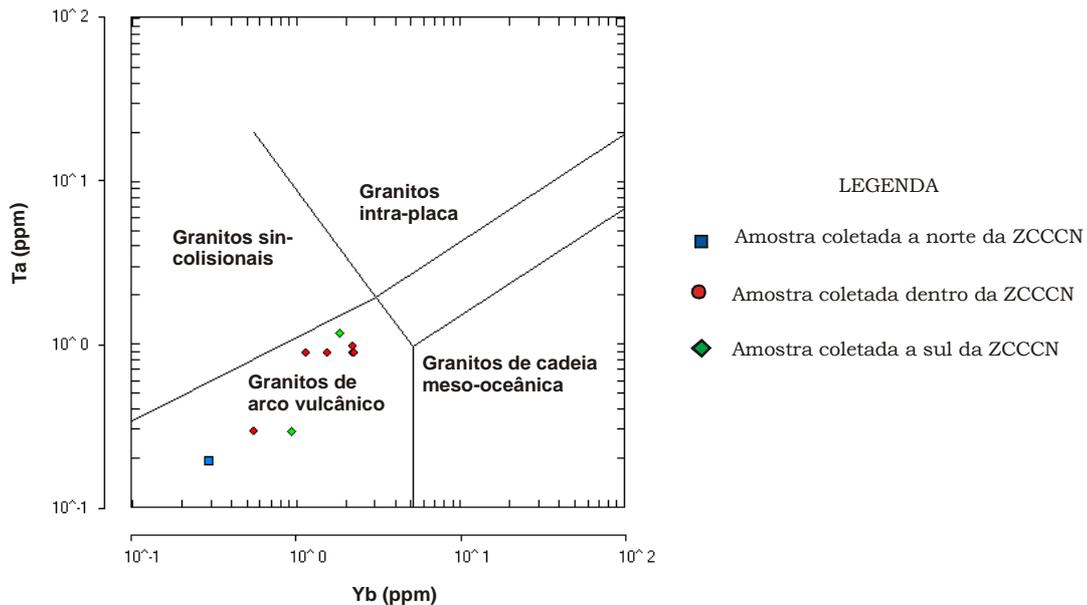
Os padrões para as amostras de diferentes locais em relação a ZCCCN são bastante semelhantes. Apresentam anomalia negativa para Ta, Nb, P e Ti, e mais discreta para U. Casos de anomalias negativas mais acentuadas são a da amostra VAN-03 (P) e CIV-61 (Ti). Existe ainda duas anomalias positivas para Sr, dadas pelas amostras CIV-61 e VAN-43. Ocorrem picos em Ba, K, La.

Já anomalias negativas de Ti são usualmente interpretadas como fases ricas em Ti saindo do sistema durante a cristalização, talvez biotita ou ilmenita. Depressões em valores de Sr indicam fracionamento de plagioclásio e/ou apatita ou

## 5- LITOGEOQUÍMICA

baixos teores de Sr na fonte. As anomalias negativas de Zr podem indicar saída de zircão, mas seria mais preciso afirmar isso apenas de posse de dados do Th.

Fazendo uso de diagramas de discriminação de ambientes tectônicos (Log Ta x log Yb) (segundo *Pearce et al.*, 1984) na figura 5.18, os dados passam a ser encontrados no campo referente a granitos de arco vulcânico. Apesar de submetido ao metamorfismo, o conteúdo dos elementos menores por peso não é afetado, dado que são imóveis.



**Figura 5.18-** Diagrama de discriminação tectônica (Log Ta x log Yb em percentual em peso) para os ortognaisses em estudo (*Pearce et al.*, 1984).

## 6 - DISCUSSÃO

---

---

### 6.1- INTRODUÇÃO

---

Trabalhos anteriores enfocaram aspectos de campo e geocronológicos, mas estudos estruturais detalhados ainda não foram realizados e até o presente trabalho inexistiam dados litogeoquímicos para as rochas orto e paraderivadas neste setor.

Brito Neves *et al.* (2001) e Santos *et al.* (1997) estudaram o terreno Alto Moxotó, realizando estudos geocronológicos (Rb-Sr, Sm-Nd e U-Pb), que apontaram idade paleoproterozóica para a região, também com protólitos arqueanos. Santos *et al.* (2004) estudaram o Complexo Sertânia e informaram a idade de cristalização primária (U-Pb SHRIMP) de zircão: 2.0 Ga (Paleoproterozóico). Análises de Sm-Nd forneceram idades paleoproterozóicas a arqueanas, indicando derivação de crosta antiga retrabalhada. Considerando que outros segmentos supracrustais da zona transversal são de idade dos eventos Cariris Velhos e Brasiliano, estes autores concluem que o Complexo Sertânia é uma seqüência litoestratigráfica à parte, sem correlação com as seqüências circunvizinhas. No entanto, como idades de zircões detríticos apenas indicam a idade máxima de deposição, sedimentação numa época posterior não pode ser descartada.

Idades mesoproterozóicas estudadas por Neves *et al.* (2005a) em zircões de paragneisses do Complexo Surubim são atribuídas a magmatismo intraplacas; assim, o evento Cariris velhos é admitido, para esta região, como episódio de extensão intraplaca. E, por fim, comparações com dados do Seridó levam a fontes similares, o que parece sugerir uma extensão de placas antes do brasiliano.

Mariano *et al.*, 2001 fornecem argumentos contra a hipótese de terrenos baseados na escassez de eclogitos, nas assinaturas geoquímicas dos gabros, nos valores de épsilon Nd, nas similaridade (assinatura geoquímica e valores isotrópicos enriquecidos) de composição do manto litosférico em diferentes setores da província e na insuficiência de dados petrológicos e geoquímicos para uma caracterização de diferentes terrenos.

### 6.2- CONFRONTOS PETROGRÁFICOS

---

Os metassedimentos aqui mapeados (paragneisse e xisto) abrangem, cada um, mais de um complexo no mapa Geológico da Paraíba (Santos *et al.*, 2002), de forma que os dois mapas não são correspondentes absolutos.

## 6- DISCUSSÃO

Os paragnaisse abrangem, a sul da ZCCCN, parte do complexo gnáissico migmatítico de Santos *et al.* (2002) e se estendem pelas áreas dos complexos Surubim e Vertentes indistintamente. Apenas na área referente ao Complexo Vertentes descrito em Santos *et al.* (2002) foram encontrados magnetita, plagioclásio em porfiroblastos, xistos ricos em muscovita e bandas de quartzito. Estas últimas, juntamente com rochas calcissilicáticas e xistos com sillimanita, não estão na descrição oferecida no mapeamento de Santos *et al.* (2002). Um outro contraste com tal mapeamento é o fato de não terem sido encontradas rochas metavulcânicas intermediárias e máficas na região. Esta ausência concorda com Brasilino *et al.*, 2008, que descrevem este complexo na mesma escala do presente trabalho e não encontraram rochas metavulcânicas.

Os xistos típicos foram encontrados apenas nas áreas dos complexos descritos como Sertânia (fotografia 6.1) e Vertentes (fotografia 6.2). Os xistos mais ricos em muscovita são encontrados apenas no Complexo Vertentes.



**Fotografia 6.1-** Xisto no limite do Complexo Sertânia, dentro da ZCCCN, intrudido por *sheet* granítico.



**Fotografia 6.2-** Xisto no Complexo Vertentes (a sul da ZCCCN).

### 6.3- EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA

O embasamento da área data do paleoproterozóico: teve início com o protólito do ortognaisse bandado, sendo seguido pelo protólito do ortognaisse Lameiro (corpo rico em anfibólio). Não há registros distintivos de atividades de nenhuma natureza durante o Mesoproterozóico, daí o granito equigranular ter possivelmente intrudido

## 6- DISCUSSÃO

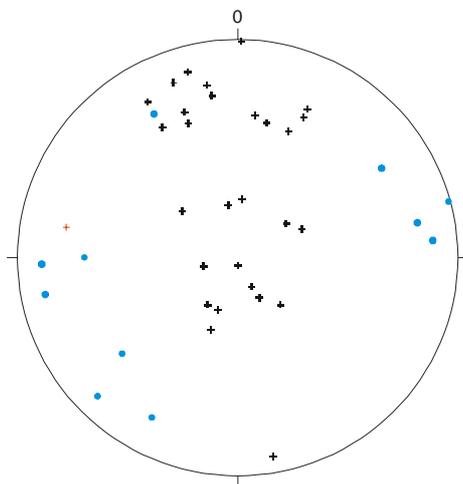
no início do Neoproterozóico. Sua intrusão foi seguida pela deformação que tornou o primeiro corpo bandado e gerou a foliação dos dois outros corpos. A primeira geração de dobramento pode ter acompanhado esta fase de deformação; não se sabe devido a outros registros terem sido impressos sobre este.

Em seguida, os sedimentos foram depositados. A segunda geração de dobramentos ocorreu durante um evento metamórfico que chegou à Zona da Sillimanita.

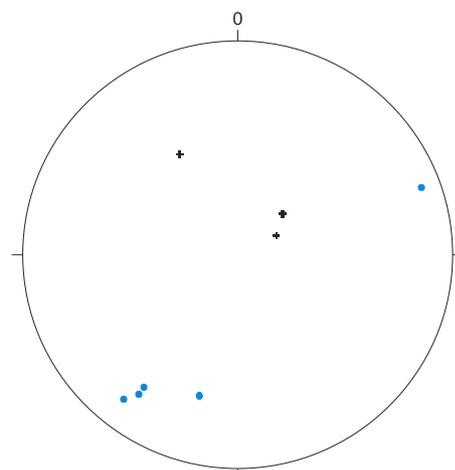
O evento seguinte foi marcado pela terceira geração de dobramento, bem como pela atuação de zonas de cisalhamento e intrusão dos granitos Serra das Guaribas, causando foliação de alto ângulo e lineação de estiramento bem marcada, com baixo caimento para SE.

Os estereogramas para cada litologia individual mostram que o ortognaisse bandado e o ortognaisse equigranular (praticamente não foram coletados dados do ortognaisse Lameiro) apresentam foliações de direções e ângulos variados, enquanto os granitos Serra das Guaribas e os metassedimentos apresentam uma gama mais restrita de direções (figuras 6.1 a 6.5).

Os registros foram então sobrepostos pela quarta geração de dobramentos, ainda no Neoproterozóico, que imprimiu mais fracamente registros por toda a região.

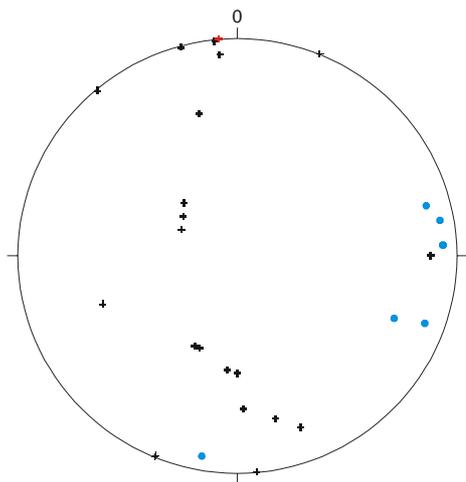


**Figura 6.1-** Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortognaisse do embasamento. O símbolo vermelho refere-se a uma estrutura planar posterior à foliação principal.

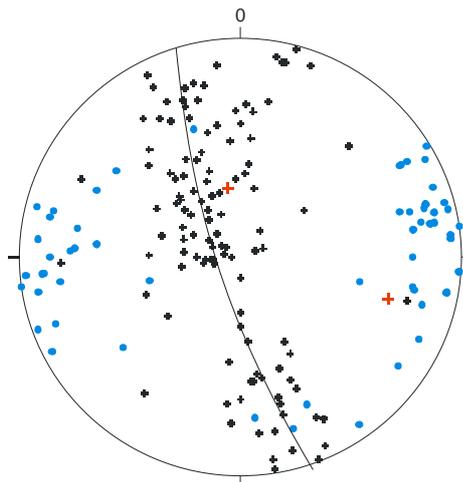


**Figura 6.2-** Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortognaisse granítico Lameiro (rico em anfibólio).

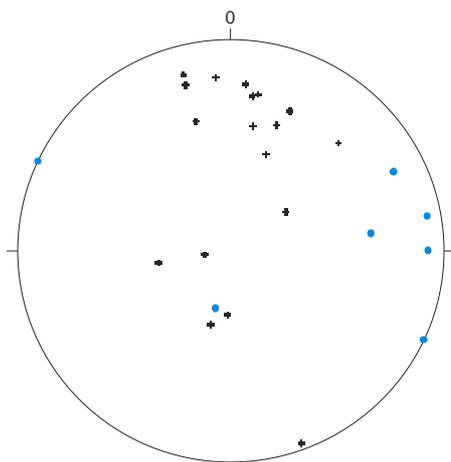
## 6- DISCUSSÃO



**Figura 6.3-** Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) no ortognaise granítico eqüigranular. O símbolo vermelho refere-se à estrutura planar posterior à foliação principal.



**Figura 6.4-** Pólos de foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) nos metassedimentos. Os símbolos vermelhos referem-se a estruturas planares posteriores à foliação principal.



**Figura 6.5-** Foliação e bandamento (em preto) e lineação (em azul) nos granitos Serra das Guaribas.

### 6.4- CONFRONTOS GEOQUÍMICOS

A comparação entre os dados geoquímicos (Anexo C) dos metassedimentos com os dos ortognaisses desta área é favorecida pela baixa intensidade do intemperismo químico sofrido pelas amostras de metassedimentos – embora não se possa excluir o intemperismo físico. O objetivo é confrontar diferentes dados (Harker, aranhogramas e Diagramas de Elementos Terras Raras) de metassedimentos e de ortognaisses e daí entender se estes podem ou não ter servido de fonte para aqueles. A distribuição dos dados em diagramas evidencia

## 6- DISCUSSÃO

diferenças ou similaridades entre os dois conjuntos litológicos. Em geral, os elementos maiores apresentam valores compatíveis com os esperados para rochas ígneas, sugerindo origem a partir destas (ainda que apenas em parte).

Além da comparação entre embasamento e supracrustais, outro enfoque abordado neste item é o confronto de uma mesma litologia a norte e a sul da Zona de Cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste, uma vez que esta é considerada limite entre os terrenos Alto Moxotó e Rio Capibaribe descritos no atual mapa geológico da Paraíba (Santos *et al.*, 2002).

Os diagramas Harker (para os elementos menores) dos metassedimentos apresentam alta dispersão de dados (dificultando a identificação de possíveis *trends*) envolvendo tanto as amostras a norte como a sul da ZCCCN. O fato de amostras dos dois lados da ZCCCN apresentarem dispersão pode indicar uma similaridade entre eles, uma origem comum, dado que acontece repetidamente para diversos elementos. As amostras VAN 27 e VAN-50 geralmente têm valores dentro do intervalo dos demais, mantendo-se afastados apenas devido ao baixo percentual em sílica.

Para os ortognaisses, as correlações nos diagramas Harker (elementos maiores) são negativas para todos os óxidos, à exceção do  $\text{Na}_2\text{O}$ , o que se deve a presença dos minerais máficos (anfíbólios). Há maior dispersão dos *trends* para os diagramas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e de  $\text{K}_2\text{O}$  x sílica. As amostras que mais contribuem para esta dispersão nos dois casos são VAN-52A (a sul) e VAN-29 (a norte). A amostra VAN-58 (norte) também está um pouco distante do *trend* para o gráfico de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  x sílica. Algumas vezes, tais amostras parecem formar um outro *trend*, paralelo ao principal.

Os diagramas Harker (elementos menores) para ortognaisses exibem grande dispersão, o que pode ser atribuído a uma possível diversificação de composições dos protólitos ou à ocorrência de diferentes processos (ou ambos os fatores). Apesar da dispersão, foram atribuídos alguns *trends* no capítulo anterior. As correlações negativas sugerem presença residual de titanita ou apatita (casos de Nb e Ta para ambos e Y, para apatita), de zircão (Y, Zr, Hf, Th e U), anfíbólio (Y), possivelmente biotita (Rb). Todos estes minerais são encontrados no conjunto dos ortognaisses analisados. Embora não sejam dados conclusivos, o confronto entre diferentes diagramas mostra que a possibilidade de os ortognaisses serem protólitos dos metassedimentos não é nula.

Os gráficos para ETR dos ortognaisses e dos metassedimentos são aproximadamente paralelos e o mesmo ocorre em relação aos aranhogramas. Não há contraste entre os elementos mais móveis (LILE) em relação aos menos móveis

## 6- DISCUSSÃO

(HFS) para nenhum deles. Observa-se que os metassedimentos são um pouco mais pobres em ETR do que os ortognaisses, o que pode indicar diferentes origens.

A similaridade em elementos traço entre os metassedimentos e os ortognaisses indicam claramente que estes últimos devem ter sido uma fonte importante para os sedimentos. Percebe-se facilmente uma padronização por parte dos gráficos entre as duas litologias.

Ambos os conjuntos encontram-se principalmente no campo de rochas metaluminosas, apesar de os ortognaisses ainda apresentarem algumas nos campos de peraluminosas e peralcalinas. Também são similares em afinidade: os ortognaisses são cálcio - alcalinos e os metassedimentos também apresentam dados consistentes com este resultado.

Os padrões nos gráficos multi-elementares são similares, e os diagramas de variação para Elementos Terras Raras para ortognaisses não pode ser confrontados, uma vez que foram usados diferentes padrões.

Além destas similaridades litológicas, há a semelhança entre os dados provenientes de diferentes locais da área, não havendo diferenças significativas entre a geoquímica dos ortognaisses nos Terrenos Alto Moxotó e Rio Capibaribe. Estas semelhanças atestam contra a hipótese de colagem de terrenos para esta região.

## 7 - CONCLUSÕES

---

---

❖ A comparação do mapa resultante deste trabalho (em escala 1:100.000) apresenta algumas divergências com relação ao mapa geológico da Paraíba (1:500.000), em grande parte devido à diferença de escalas. Algumas características foram encontradas apenas em um dos lados da Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste, mas não são suficientes para afirmar se as rochas pertencem a unidades distintas ou fazem parte de uma mesma unidade litoestratigráfica:

\* Paragneisse e xisto ocorrem em parte de ambos os complexos (Surubim e Vertentes), tidos como diferentes por Santos *et al.* (2002); no caso dos paragneisses, um contraste é a abrangência de uma porção da área definida como complexo gnáissico migmatítico.

\* O Complexo Vertentes não apresenta divergências que o distingua da definição dada à Formação Caroolina-Surubim. Em mapa, entretanto, a área definida como abrangendo esta última é composta pelo ortogneisse bandedado, ortogneisse equigranular, granito Serra das Guaribas e, em uma região muito restrita, paragneisse pelítico.

\* Em relação ao Complexo Sertânea, descrito como abrangendo raras metavulcânicas também há diferenças, pois esta litologia não foi encontrada. As rochas restantes descritas para este complexo foram encontradas, no entanto não só na área restrita ao mesmo, mas se estendendo por toda a região: biotita gnaisse, localmente com muscovita, mármore, rocha calcissilicática, quartzito.

❖ Um mínimo de quatro gerações de dobramentos afetou a área, embora apenas as três últimas sejam passíveis de ser medidas. A segunda geração de dobramentos é definida por dobras invertidas de planos axiais com direção SW-NE e vergência NW. Em seguida, houve a terceira geração, que gerou dobras normais com direção dos eixos E-W; esta fase afetou intensamente toda a área. O quarto e último dobramento afetou as dobras de terceira geração, deformando seu eixo, porém com menor intensidade. As dobras são suaves a abertas, com plano axial de direção NW-SE.

❖ A ZCCCN ocorre com direção E-W, na porção norte da área, e serviu de conduto para subida de dois corpos graníticos. Esta zona de cisalhamento é

## 7- CONCLUSÕES

predominantemente sinistral, havendo uma ramificação com sentido de movimento dextral a oeste. Outra zona de cisalhamento corta a área na porção E-SE e apresenta sentido de movimento dextral. Uma terceira zona de cisalhamento foi observada na porção W-SW da área, com sentido de movimento sinistral. As duas primeiras zonas de cisalhamento foram geradas simultaneamente à terceira geração de dobramentos, a partir de uma compressão em direção NW-SE, em regime dúctil. Sua componente N-S reflete o cisalhamento puro, gerando o dobramento de terceira geração, enquanto a componente E-W gerou as zonas de cisalhamento principais.

❖ As amostras, tanto de metassedimentos quanto de ortognaisses, são cálcio-alcalinas, as primeiras de ambiente de arco de ilha continental e oceânica (ou nas proximidades) e os ortognaisses, de arco vulcânico.

❖ Os gráficos para ETR dos ortognaisses e dos metassedimentos são aproximadamente paralelos; o mesmo ocorre em relação aos aranhogramas. Não há contraste entre os elementos móveis (LILE) em relação aos menos móveis (HFS) para nenhum deles. Observa-se que os metassedimentos são um pouco mais pobres em ETR do que os ortognaisses (valores absolutos), mas os padrões são bastante similares (valores relativos).

❖ Ainda que o sistema tenha sido aberto temporariamente durante o metamorfismo, elementos menores são imóveis, de forma que principalmente dados que os envolvam são mais confiáveis. Desta forma, conclui-se que grande parte dos ortognaisses possa ter servido como uma das fontes dos metassedimentos. Considerando as similaridades entre os metassedimentos em toda a área e sua semelhança com os ortognaisses, não haveria diferença entre os terrenos a norte e a sul da ZCCCN.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

---

- Alcantara, V.C. e Neves, S.P., 2007. Caracterização Petrográfica dos Metassedimentos a Norte e a Sul da Zona de Cisalhamento Congo, Domínio Central da Província Borborema. In: *XXII Simpósio de Geologia do Nordeste, Resumos- Boletim*, Natal, RN, N° **20**, p. 194.
- Alcantara, V.C. e Neves, S.P., 2008. Evolução Estrutural nas Proximidades da Cidade de Aroeiras, Paraíba. In: *44° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, p. 764, Curitiba, PA.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito neves, B.B. & Fuck, R.A., 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: *Atas VIII Simpósio Geologia do Nordeste*, pp. 363-391.
- Archanjo, C.J. e Bouchez, J.L., 1991- Lê Seridó, une Chaîone transpressive dextre au Protérozoïque supérieur du Nord-Est du Brésil; *Bulletin de la Société Géologique de France*, v. **162**: pp. 637-647.
- Barker, F. e Arth, J.G., 1976. Generation of Trondhjemitic-Tonalitic Liquids and Archean Bimodal Trondhjemite-Basalt Suites; *Geology*, v. **4**, n. 10: pp. 596-600.
- Bhatia, M.R., 1983. Plate Tectonics and Geochemical Compositions of Sandstones; *The Journal of Geology*, v. **91**: pp.611-627.
- Bittar, S.M.B., 1998. Faixa Piancó-Alto Brígida: terrenos tectono-estratigráficos sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes; *Tese de Doutorado*, 126p; Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Boyton, W.V., 1984- Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed.) *Rare earth element geochemistry. Developments in geochemistry*, v. **2**: pp. 63-114 Elsevier, Amsterdam.
- Brasilino, R.G.; Miranda, A.W.A.; Medeiros, V.C. 2008. Reavaliação Litoestratigráfica do Complexo Vertentes entre as Cidades de Vertentes e Santa Cruz do Capibaribe (PE). In: *44° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, p. 985. Curitiba, PA.
- Brito Neves, B.B. 1975. Regionalização geotectônica do Pré-cambriano nordestino. *Tese de Doutorado*, 198 p. Instituto de Geociências da USP, São Paulo.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Van Schmus, W.R., Fernandes, T.M.G. e Souza, S.L., 2001a. O terreno Alto Moxotó no leste da Paraíba ("Maciço Caldas Brandão"). *Revista Brasileira de Geociências*, v. **31**: pp. 185-194.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito Neves, B.B., Neto, M.C.C., Van Schmus, W.R., 2001b- O “Sistema Pajeú - Paraíba” e o “Maciço” São José do Campestre no Leste da Borborema. *Revista Brasileira de Geociências*, v. **31**: pp. 173-184.
- Brito Neves, B.B., Passarelli, C.R., Basei, M.A.S., Santos, E.S., 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. In: *Geologia USP - Série Científica* **3**: pp. 25-38.
- Brito Neves, B.B., Santos, J.E., Van Schmus, W.R., 2000. Tectonic History of the Borborema Province, Northeastern Brazil, In: *Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, pp. 154-182.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Santos, E.J., Campos Neto, M.C., Kozuch, M., 1995 O Evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências* v. **25**: pp. 279-296.
- Caby, R., Sial, A.N., Arthaud, M.H., Vauchez, A., 1991; Crustal Evolution and the Brasiliano Orogeny in Northeast Brazil. In: Dallmeyer, R.D., Lécorché, J. P. (Eds.), *The west African and Circum-Atlantic Correlatives*. Springer-Verlag, Berlim, pp. 373-397.
- Campelo, R.C. 1999. Análise de terrenos na porção setentrional da Província Borborema, NE do Brasil: Integração de dados geológicos e gravimétricos. *Dissertação de Mestrado*, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 130 p.
- Clarke, F.W., and Washington, H.S., 1924. *The Composition of the Earth's Crust*, Prof. Paper 127, U.S. Geol. Survey.
- Corsini, M., Figueredo, L., Caby, R., Féraud, G., Buffet, G. e Vauchez, A. 1998. Thermal history of the Pan-African/Brasiliano Borborema Province , Northeast Brazil deduced from Ar40/Ar39 analysis. In: *Tectonophysics*, v. **285**: pp. 103-117.
- Da Silva Filho, A.F., Guimarães, I.P., Schmus, W.R. 2002. Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas Complex, Borborema Province, NE Brazil: Nd Isotopic Data from Neoproterozoic Granitoids. In: *Gondwana Research*, v. **5**, n. 2: pp. 409-422.
- Da Silva Filho, A.F., Van Schmus, W.R., Guimarães, I.P. e Luna, E.B. 1997. The usage of Sm-Nd isotope signatures as a tool for defining sub-domains in the southern tectonic domain of the Borborema Province. *Atas, 17º Simpósio de Geologia do Nordeste*, Fortaleza- CE, pp. 128-131.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dantas, E.L., 1997. Geocronologia U-Pb e Sm/Nd de Terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil, 208p.
- Dantas, E.L., Hackspacher, P.C., Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., 1998. Archean Accretion in the São José do Campestre Massif, Borborema Province, Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. **28**, n. 2: pp. 221-228.
- Dantas, E. L., Van Schmus, W. R., Hackspacher, P. C., Fetter, A.H., Brito Neves, B.B., Cordani, U., Nutman, A.P., Williams, I.S., 2004. The 3.4 – 4.5 Ga São José do Campestre Massif, NE Brazil: Remnants of the Oldest Crust in South America. In: *Precambrian Research*, v. **130**: pp. 113-137.
- Davison, I. 1987. Acreção de terrenos e colisão oblíqua do Proterozóico Superior na Faixa Sergipana. In: *Boletim de Resumos do Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (SNET)*, v. **1**: pp. 87-89.
- Davison, I.; Santos, R.A. dos., 1989. Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny. *Precambrian Research*, v.**45**: pp.319-342.
- Ferreira, V.P., Sial, A.N., Jardim de Sá, E.F., 1998 Geochemical and Isotopic Signatures of Proterozoic Granitoids in Terranes of the Borborema Structural Province, Northeast Brazil. In: *Journal of South American Earth Sciences*, v. **11**, n. 5: pp. 439-455.
- Fetter, A.H., Van Schmus, W.R., Santos, T.J.S., Neto, J.A.N., Arthaud, M.H., 2000. U-Pb and Sm-Nd geochronological constrains on the crustal evolution and basement architecture of Ceará state, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent Atlântica”: In: *Revista Brasileira de Geociências*, v. **30**: pp. 102-106.
- Fetter, A.H., Van Schmus, W.R., Santos, T.J.S., Neto, J.A.N., Arthaud, M. H., Nogueira Neto, J., 1997. Geocronologia e Estruturação do Estado do Ceará: NW da Província Borborema., NE do Brasil. In: SBG/Núcleo Nordeste, *XVII Simpósio de Geologia do Nordeste*. Fortaleza-Ce, *Resumos Expandidos, Boletim*, v. **15**: pp. 32-33.
- Guimarães I.P., Da Silva Filho, A.F., 1998. Nd- and Sr- isotopic and U-BP geochrologic constraints for the evolution of the shoshonitic brasiliano Bom Jardim and Toritama Complexes: evidence for a Transamazonian enriched mantle under Borborema Tectonic Province, Brazil. In: *International. Geology. Review*, v. **40**: pp. 500– 527.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., 2000. Evidence of multiple sources involved in the genesis of the Neoproterozoic Itapetim Granitic complex, Northeast of Brazil, based on geochemical data. In: *Journal of South America Earth Sciences* v. **13**, n. 6: pp. 561–586.
- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., Almeida, C.N., *et al.*, 2004. Brasiliano (Pan – African) Granitic Magmatism in the Pajeú – Paraíba Belt, Northeast Brazil: an Isotopic and Geochronological Approach. In: *Precambrian Research*, v. **135**: pp. 23-53.
- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., Almeida, C.N., Araújo, J.M.M., Sales, A., Melo, S.C., 1998. The Brasiliano granitoids from the Pajeú-Paraíba Belt (PPB) and Teixeira High (TH): Sm-Nd isotope geochemistry and U/Pb in zircon ages. In: *40° Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, p 48.
- Hackspacher, P.C., Van Schmus, W.R., Dantas, E.L., 1990. Um embasamento Transamazônico na Província Borborema. In: *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, Natal, v. **6**: pp. 2683-2696.
- Harker, A. 1909. The natural history of the igneous rocks. MacMillan, New York. 348 p.
- Haskin, M.A., Frey F.A., 1966. Dispersed and not-so-rare earths. *Science* v.**152**: pp. 299-314.
- Herron, M.M., 1988. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales From Core Or Log Data In: *Journal Of Sedimentary Petrology*, v. **58**, n. 5: pp. 820-829.
- Irvine, T.N. & Baragar, W.P.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of. Earth Sciences.*, v. **8**: pp. 523-548.
- Jardim de Sá, E.F., 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o Seu Significado Geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-africana. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, GO, Brasil; 803p.
- Jardim de Sá, Bertrand, J.M. Leterrier, J., Macedo, M.H.F., 2002. Geochemistry and geochronology of the pré-Brasiliano rocks from the Transversal Zone, Borborema Province, Northeast Brazil. In: *Journal of South American Earth Sciences*, v. **14**: pp. 851-866.
- Jardim de Sá, E.F., Fuck, R.A., Macedo, M.H.F., Peucat, J.J., Kawashita, K., Souza, Z.S., Bertrand, J.M., 1997. Pre-Brasiliano Orogenic Evolution in the Seridó

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belt, NE Brazil: Conflicting Geochronological and Structural Data (Reply). In: *Revista Brasileira de Geociências*, v. **27**: pp. 311-314.
- Jardim de Sá E.F., Macedo M.H.F., Fuck R.A., *et al.* 1992. Terrenos proterozóicos na Província Borborema, e a margem norte do Cráton São Francisco. In: *Revista Brasileira de Geociências*, v. **22**: pp. 472-480.
- Jardim de Sá, E.F. & Salim, J., 1980. Reavaliação dos Conceitos Estratigráficos na Região do Seridó (RN-PB). *Mineração e Metalurgia*, v. **80** (421): pp. 16-28.
- Kozuch M., 2003. Isotope and trace element geochemistry of early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province, Brazil, and their bearing on tectonic setting. *Tese de Doutorado*, Department of Geology, University of Kansas, 199 p. Lawrence, Kansas.
- Kuno, H., 1968. Differentiation of basalt magmas. In: Hess H.H. and Poldervaart A. (Eds.), *Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition*, v. **2**: pp. 623-688; Interscience, New York.
- Kuno, H., 1966. Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. In: *Bulletin Volcanologique* (Rome) v. **29**: pp. 195-222. CODEN: BUVOAS; ISSN: 0366-483X. English.
- Lambert, R.S.J. & Holland, J.G., 1974. Yttrium Geochemistry Applied To Petrogenesis Utilizing Calcium Yttrium Relationships. In: *Minerals And Rocks-Geochimica et Cosmochimica Acta* v. **38**, n. 9: pp. 1393-1414.
- Maniar, P.D. & Picolli, P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids. In: *Geologic Society American Bulletin* v. **101**, n. 5: pp. 635-643.
- Mariano, G., Neves, S.P., Da Silva Filho, A., Guimarães, I.P., 2001. Diorites of the high-K calc-alkalic association: geochemistry and Sm-Nd data and implications for the evolution of the Borborema Province, Northeast Brazil. In: *International Geology Review*, v. **43**: pp. 921-929.
- Medeiros, V. C., 2004. Evolução Geodinâmica e Condicionamento Estrutural dos Terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil. *Tese de doutorado*, 190p.
- Melo, S.C., 2002. Estrutura, Petrologia e Geocronologia do Batólito Brejo da Madre de Deus, Estado de Pernambuco, relações com a Zona de Cisalhamento Pernambuco Leste, Nordeste do Brasil, 2002. *Tese de Doutorado*, 139 p. - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Bosch, D., Silva, J.M.R, Mariano, G., 2008: U-Pb ages of plutonic and metaplutonic rocks in southern Borborema Province (NE Brazil):

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Timing of Brasiliano deformation and magmatism. In: *Journal of South American Earth Sciences*, v. **25**, n. 3: pp. 285-297.
- Neves, S.P., 2003. Proterozoic history of the Borborema Province (NE Brazil): correlations with neighboring cratons and Pan-African belts, and implications for the evolution of Western Gondwana. In: *Tectonics*, v. **22**, doi:10.1029/2001TC001352.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Mariano, G., 2005a. Age, provenance and metamorphism of the Surubim complex (eastern Borborema Province, NE Brazil): a LA-ICP-MS study. In: *X Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Porto de Galinhas. CD-ROM.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Mariano, G., Vauchez, A. 2005b. Eventos transamazônicos e brasilianos registrados em zircões de ortognaisses na porção leste do domínio central da Província Borborema. In: *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*, Recife, pp. 91-92.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Mariano, G., Vauchez, A. 2005c. Idade Neoproterozóica do ortognaisse Jupí, Estado de Pernambuco: implicação para correlações entre os setores central e sul da província Borborema. *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*, Recife, pp. 93-94.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Vauchez, A., Bosch, D., Silva, J.M.R., Mariano, G., 2006. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco Belt (Borborema Province, NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research*, v. **149**: pp. 197-216.
- Neves, S.P., Mariano G. 2001. Província Borborema: Orógeno acrescionário ou intracontinental? In: *Estudos Geológicos* (Departamento de Geologia da UFPE), v. **11**: pp. 26-36.
- Neves, S.P., Melo, S.C., Moura, A.C.; Mariano, G., Silva, J.M.R., 2004. Zircon Pb-Pb Geochronology of the Caruaru Area Northeastern Brazil: Temporal Constraints on the Proterozoic Evolution of Borborema Province. In: *International Geology Review*, v. **46**, n. 1, pp. 52-63.
- Neves, S.P., Vauchez, A., Feraud, G., 2000. Tectono-thermal evolution, magma emplacement, and shear zone development in the Caruaru área (Borborema Province, NE Brazil). *Precambrian Research*, v. **99**, pp. 1-32.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. In: *Journal of Petrology* v. **25**, pp. 956-983.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Petrelli M., Poli G., Perugini D., Peccerillo A., 2005. PetroGraph: a New Software to Visualize, Model, and Present Geochemical Data in Igneous Petrology. In: *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. **6**, Q07011, DOI 10.1029/2005GC000932, 26 July 2005.
- Rickwood, P.C., 1989. Boundary Lines Within Petrologic Diagrams Which Use Oxides Of Major And Minor Elements. In: *Lithos*, v. **22**, n. 4: pp. 247-263.
- Sá, J.M, Bertrand, J.M., Leterrier, J. Geocronologia, 1997. U-Pb e geoquímica de ortognaisses paleo e mesoproterozóicos da região de Taquaritinga-PE. In: SBG Núcleo Nordeste, *Simpósio de Geologia Nordeste*, 17, Fortaleza. *Resumos expandidos*, v. **15**: pp. 108-112.
- Sá, J.M., Bertrand, J.M., Leterrier, J., Macedo, M.H.F., 2002. Geochemistry and geochronology of pré-Brasiliano rocks from the Transversal Zone, Borborema Province, Northeast Brazil. In: *Journal of South América Earth Sciences*, v. **14**: pp. 851-866.
- Sá, J.M., Leterrier, J. Bertrand, J.M., 1991. Evolution géodynamique et géochronologique (U-Pb, Rb-Sr et K-Ar) de la ceinture plissée d'Orós, NE Brésil. *C.R. Acad. Sci. Paris*, v. **313**: pp. 231-237.
- Santos, E.J., 1995. O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: Acreção e Colisão na Região de Floresta (Pernambuco) Província da Borborema. *Tese de doutorado*, Universidade de São Paulo, 220p.
- Santos, E.J., 1996. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: SBG, *Congresso Brasileiro de Geologia*, anais v. **39**, pp. 47-50.
- Santos, E.J., 1999. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica*. Belém do São Francisco, Folha SC.24-X-A. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM (CD-ROM).
- Santos, E.J., 2000. Contexto Tectônico Regional. In: Medeiros, V.C. (Ed.) *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Aracaju NE, Folha SC.24-X. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM. 2, CD-ROM.
- Santos, R., Alvarenga, C., Dardenne, M., Sial, A., Ferreira, V.P., 2000. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from central Brazil: Bambuí and Paraná groups. In: *Precambrian Research*, v. **104**: pp. 107-122.
- Santos, E.J.; Brito Neves, B.B.; Van Schmus, W.R., 1995. O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco),

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Província Borborema. In: SBG, *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 16, *Anais*, v. **2**: pp. 401-406, Natal.
- Santos, E.J., Ferreira, C.A., Da Silva Jr., J.M., 2002. Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional do Recife. Recife, 142p.
- Santos, E.J., Medeiros, V.C., 1997. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the zona transversal domain, Borborema Province, NE Brazil. In: Ferreira, V.P. & Sial, A.N. (Eds.), *II Int. Symp. Gran. Assoc. Mineral., Extended. Abstract*, pp. 237-239, Salvador.
- Santos, E.J., Medeiros, V.C., 1998, New insights of the Grenville-age and Brasiliano Granitic Plutonism of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. In: *Actas x Congresso Latino-americano de Geologia, y VI Congresso Nacional de Geologia Econômica*, Mar Del Plata, Uruguay, v. **2**: pp. 427-431.
- Santos, E.J., Oliveira, R., Paiva, I.P., 1997. Terrenos no Domínio Transversal da Província Borborema: Controle sobre Acreção e Retrabalhamento Crustais ao Sul do Lineamento Patos. In: *XVII Simpósio de Geologia do Nordeste*, SBG-NE. Fortaleza, v. **15**: pp. 141-144.
- Santos, E., J., Van Schmus, W. R. & Brito Neves, B. B. 1994 – Investigação geocronológica U/Pb e Sm/Nd em zona de colisão múltipla de arcos na região de Floresta (PE), faixa Pajeú-Paraíba, Província Borborema. *Congresso Brasileiro de Geologia*, v. **38**, n. 1: pp. 247-249.
- Santos, E.J., Nutman, A.P., Brito Neves, B.B., 2004. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da zona transversal, Província Borborema. *Geologia USP: Série Científica*, v. **4**, pp. 1-12.
- Santos, E.J., Van Schmus, R.W., Brito Neves, B.B., Oliveira, R.G., Medeiros, V.C., 1999. Terranes and their boundaries in the Proterozoic Borborema Province, Northeast Brazil. In: SBG Bahia-Sergipe (Editor), *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (SNET)*, v. **7**, Lençóis; Resumos Expandidos, pp. 121-124.
- Santos, E.J., Vasconcelos, M.L. 1977. Plutonismo granítico nos arredores do Sftio dos Nunes, Pernambuco, e seu significado no contexto da granitização brasileira do Nordeste. In: *Revista Brasileira de Geociências*, v. **7**: pp. 58-72.
- Shand, S.J., 1950. *Eruptive rocks* (4th ed.). Murby, London.
- Sial, A.N., 1986. Granit-types in Northeast Brazil: current knowledge. In: *Revista Brasileira de Geociências*, v. **16**, n. 1: pp. 54-72.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sial, A.N., 1987. Granitic Rocks of Northeast Brazil. In: *Annals, International symposium on granites and Associate mineralizations*, Salvador, Ba, pp. 61-69.
- Silva, J.M.R., Mariano, G., Neves, S.P., 2005. Termobarometria das rochas metapelíticas da parte leste da Zona Transversal: Região de Surubim e Alcantil, província Borborema, NE do Brasil. In: *XXI Simpósio de Geologia do Nordeste*. Recife, PE, pp.103-106.
- Souza, L.C., Hunziker, J., Verkaeren, J., Legrand, J.M., 1998. A Termocronologia  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  e a história termal do Maciço Granítico de Acati-RN, durante pelo menos 98Ma. In: *Anais XL Congresso Brasileiro de Geologia*, Belo Horizonte, MG, p 14.
- Streckeisen, A.L. & L   Maitre, R.W. 1979. A Chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. In: *Neues Jahrbuch f  r Mineralogie, Abhandlungen*, v. **136**: pp. 169-206.
- Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Hackspacher, P.C., *et al.*, 1995. U/Pb and Sm/Nd Geochronologic Studies of the Eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: Inicial Conclusions. In: *Journal of South American Earth Sciences*, v. **8**: pp. 267-288.
- Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Williams, I.S. *et al.*, 2003. The Serid   Group of NE Brazil, a late Neoproterozoic Pre-to-Syn-Colisional basin in West Gondwana: Insights from SHRIMP U-Pb Detrital Zircon Ages and Sm-Nd Crustal Residence (TDM) Ages. In: *Precambrian Research*, v. **127**: pp. 287-327.
- Vauchez, A., Neves, S.P., Caby, R., Corsini, M., Egydio-Silva, M., Arthaud, M., Amaro, V., 1995. The Borborema Shear Zone System. In: *Journal of South Am  rica Earth Sciences*, v. **8** (314), pp. 247-266.
- Wood, D.A., Joron, J.L., Treuil, M., Norry, M., Tarney, J., 1979. Elemental and Sr isotope variations in basic lavas from Iceland and the surrounding ocean floor. In: *Contributions to Mineralogy and Petrology* v. **70**, pp. 3219-339.

# **ANEXO A**

**LOCALIZAÇÃO DE AFLORAMENTOS E LITOLOGIAS**

## **LOCALIZAÇÃO DE AFLORAMENTOS E LITOLOGIAS**

Obs.: no mapa do Anexo A, as amostras encontram-se sem o prefixo “VAN-”)

<b>AFLORAMENTO</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>LITOLOGIA</b>
Van-01	188147 9169624 321m	Paragnaisse
Van-02	0188609 9168638 344m	Paragnaisse
Van-03	0189541 9167060 380m	Ortognaisse bandado
Van-04	0188915 9168254 394m	Ortognaisse granítico equiangular
Van-05	0187013 9169124 334	Paragnaisse
Van-06	0192795 9164752 428m	Paragnaisse
Van-07	0192795 9164752 428m	Granito Serra das Guaribas
Van-08	0194441 9163208 414m	Ortognaisse bandado
Van-09	0198805 9157986 445m	Paragnaisse
Van-10	0198354 9157060 439m	Paragnaisse
Van-11	0198300 9156400 428m	Paragnaisse
Van-12	0188663 9167648 368m	Xisto
Van-13	0188165 9166416 392m	Xisto Ortognaisse bandado

## ANEXO A

Van-14	0187602 9166538 384m	Ortognaisse bandado
Van-15	0183372 9167068 380m	Ortognaisse bandado
Van-16	0183200 9168008 359m	Mármore
Van-17	0192104 9164044 396m	Ortognaisse bandado
Van-18	0188571 9164060 455m	Granito Serra das Guaribas
Van-19	0181446 9164352 381m	Granito Serra das Guaribas
Van-20	0180390 9166716 373m	Ortognaisse granítico equigranular
Van-21	0180212 9167418 414m	Ortognaisse bandado
Van-22	0176943 9168694 428m	Ortognaisse bandado
Van-23	0177984 9166666 432m	Mármore
Van-24	0177994 9166402 427	Ortognaisse granítico equigranular/ Granito Serra das Guaribas
Van-25	0177959 9165848 412	Granito Serra das Guaribas
Van-26	0175191 9166444 404	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-27	0174120 9167180 400	Xisto
Van-28	0172158 9168868 443	Xisto
Van-29	0171002 9168208 411	Ortognaisse bandado

## ANEXO A

Van-30	0170180 9167346 354	Ortognaisse bandado
Van-31	0172246 9164074 363	Granito Serra das Guaribas
Van-32	0198522 9156146 396	Paragnaisse
Van-33	0198600 9155538 330	Paragnaisse
Van-34	0199226 9154842 288	Paragnaisse
Van-35	0200116 9154656 194	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-36	0197764 9159194 433	Xisto
Van-37	0197033 9157950 410	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-38	0196031 9156320 301	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-39	0195091 9161992 337	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-40	0191855 9160814 341	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-41	0189009 9160782 394	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-42	0184246 9159866 417	Paragnaisse
Van-43	0179437 9161890 442	Ortognaisse bandado
Van-44	0177475 9160964 483	Ortognaisse bandado
Van-45	0176008 9161592 430	Ortognaisse bandado

## ANEXO A

Van-46	0174782 9162134 409	Granito Serra das Guaribas
Van-47	0199770 9153986 171	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-48	0196963 9153222 174	Paragnaisse arcoseano a quartzito/ Xisto
Van-49	0191041 9159792 325	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-50	01867949150720 389	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-51	0185910 9157334 366	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-52	0183447 9155666 344	ortognaisse granítico equigranular/ Paragnaisse pelítico
Van-53	0183270 9155332 351	Granito Serra das Guaribas
Van-54	0188396 9163962 470	Granito Serra das Guaribas
Van-55	0188701 9163078 478	Granito Serra das Guaribas
Van-56	0188212 9161844 437	Xisto
Van-57	0194948 9165980 342	Granito Serra das Guaribas
Van-58	0195188 9166528 460	Granito Serra das Guaribas
Van-59	0195804 9167600 511	Granito Serra das Guaribas
Van-60	0189861 9166884 407	Ortognaisse granítico (Lameiro)
Van-61	0190468 9166980 413	Ortognaisse granítico (Lameiro)
Van-62	0190399 9168154 368	Paragnaisse arcoseano a quartzito

## ANEXO A

Van-63	0200504 9164658 361	Ortognaisse bandado
Van-64	0180517 9151172 116	Paragnaisse
Van-65	0179400 9150904 313	Paragnaisse
Van-66	0177942 9151090 377	Paragnaisse
Van-67	0176362 9150118 200	Paragnaisse arcoseano a quartzito
Van-68	0176404 9150652 214	Paragnaisse
Van-69	0176360 9151118 202	Paragnaisse
Van-70	0176100 9151294 213	Paragnaisse
Van-71	0175572 9151514 217	Paragnaisse
Van-72	177043 9150730 341	Paragnaisse
Van-73	0177614 9159062 385	Paragnaisse pelítico
Van-74	0178104 9158154 384	Paragnaisse
Van-75	0180561 9155980 388	Ortognaisse granítico equigranular
Van-76	0178884 9154850 354	Ortognaisse granítico equigranular
Van-77	0177527 9156336 310	Rocha calcissilicática
Van-78	0175898 9157916 328	Rocha calcissilicática

## ANEXO A

Van-79	0175938 9158900 416	Ortognaisse granítico equigranular/ Rocha calcissilicática
Van-80	0174896 9160864 384	Ortognaisse granítico equigranular
Van-81	0198736 9163510 412	Paragnaisse
Van-82	0198296 9163242 438	Paragnaisse
Van-83	200463 9160792 407	Paragnaisse
84	830694 9147954	Ortognaisse bandado
85	0830679 9147320	Ortognaisse bandado
86	0169323 9148262	Ortognaisse granítico equigranular/ Ortognaisse bandado
87	0176803 9145096 432	Paragnaisse
88	0176668 9145510 433	Paragnaisse
89	0176663 9145658 432	Paragnaisse pelítico/ Paragnaisse arcoseano a quartzito
90	0177179 9146084 466	Paragnaisse arcoseano a quartzito
91	0177502 9146888 425	Paragnaisse arcoseano a quartzito
92	0177067 9146842 428	Xisto
93	0177067 9146842 421	Paragnaisse arcoseano a quartzito
94	0176605 9146776 400	Xisto/ Paragnaisse arcoseano a quartzito
95	0175961 9146142 424	Xisto

## ANEXO A

96	0171278 9147430 342	Ortognaisse graníticoequiigranular/ Ortognaisse bandado
97	0174404 9146200 385	Xisto
98	0174756 9146220 385	Xisto
99	0172339 9146672	Paragnaisse arcoseano a quartzito
100	0173105 9148122 348	Metaarcósio
101	0174646 9149334 303	Ortognaisse granítico equiigranular
102	0172715 9145240 427	Xisto Paragnaisse arcoseano a quartzito
103	0172954 9145582 437	Paragnaisse arcoseano a quartzito
104	0172499 9145466 413	Paragnaisse arcoseano a quartzito
105	0175622 9149848 274	Paragnaisse
106	0172678 9149022 326	Paragnaisse
107	0172622 9147556 399	Paragnaisse arcoseano a quartzito
108	0177388 9144712	Paragnaisse
109	0177447 9144614	Paragnaisse
110	0177620 9143944	Xisto
111	0176528 9144040	Ortognaisse granítico equiigranular
112	0175400 9143392	Ortognaisse granítico equiigranular
113	0174986 9143138	Ortognaisse granítico equiigranular
114	0175328 9142656	Ortognaisse granítico equiigranular

## ANEXO A

115	0174517 9143016	Paragnaisse
116	0172673 9144758	Mármore
117	0172937 9144464	Paragnaisse
118	0173205 9144226	Paragnaisse
119	0173448 9144128	Paragnaisse
120	0173495 9144024	Paragnaisse
121	0173842 9143600	Paragnaisse
122	0174284 9143054	Paragnaisse
123	0174599 9142662	Paragnaisse
124	0174851 9142050	Ortognaisse granítico equiangular
125	0175193 9141148	Paragnaisse arcoseano a quartzito
126	0175268 9140908	Paragnaisse
127	0170287 9143236	Paragnaisse
128	0169800 9143310	Paragnaisse
129	0169524 9142726	Xisto
130	0169236 9142748	Metabasito
131	0170688 9143546	Paragnaisse
132	0171219 9143970	Paragnaisse pelítico/ Paragnaisse arcoseano a quartzito
133	0171827 9144336	Xisto

# **ANEXO B**

**MAPAS**

**ANEXO B.1**

**MAPA DE AFLORAMENTOS VISITADOS**

MAPA DE AFLORAMENTOS DA REGIÃO A OESTE DE AROEIRAS, PB

Parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulada "Tectônica e Litogeoquímica de Rochas Supracrustais e Ortognaisses a Norte e a Sul da Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste (Paraíba): Um Teste da Hipótese de Terrenos no Domínio Central da Província Borborema", com autoria de Vanja Coelho Alcantara- Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco - 2008

Unidades Litológicas

Neoproterozóico

- Granito Aroeiras
- Granito Serra das Guaribas
- Mármore
- Paragneisse arcoseano a quartzito
- Paragneisse pelítico
- Rocha calcissilicática
- Xisto
- Ortognaisse granítico equigranular

Paleoproterozóico

- Ortognaisse granítico Lameiro (rico em anfibólio)
- Ortognaisse bandado

Convenções cartográficas

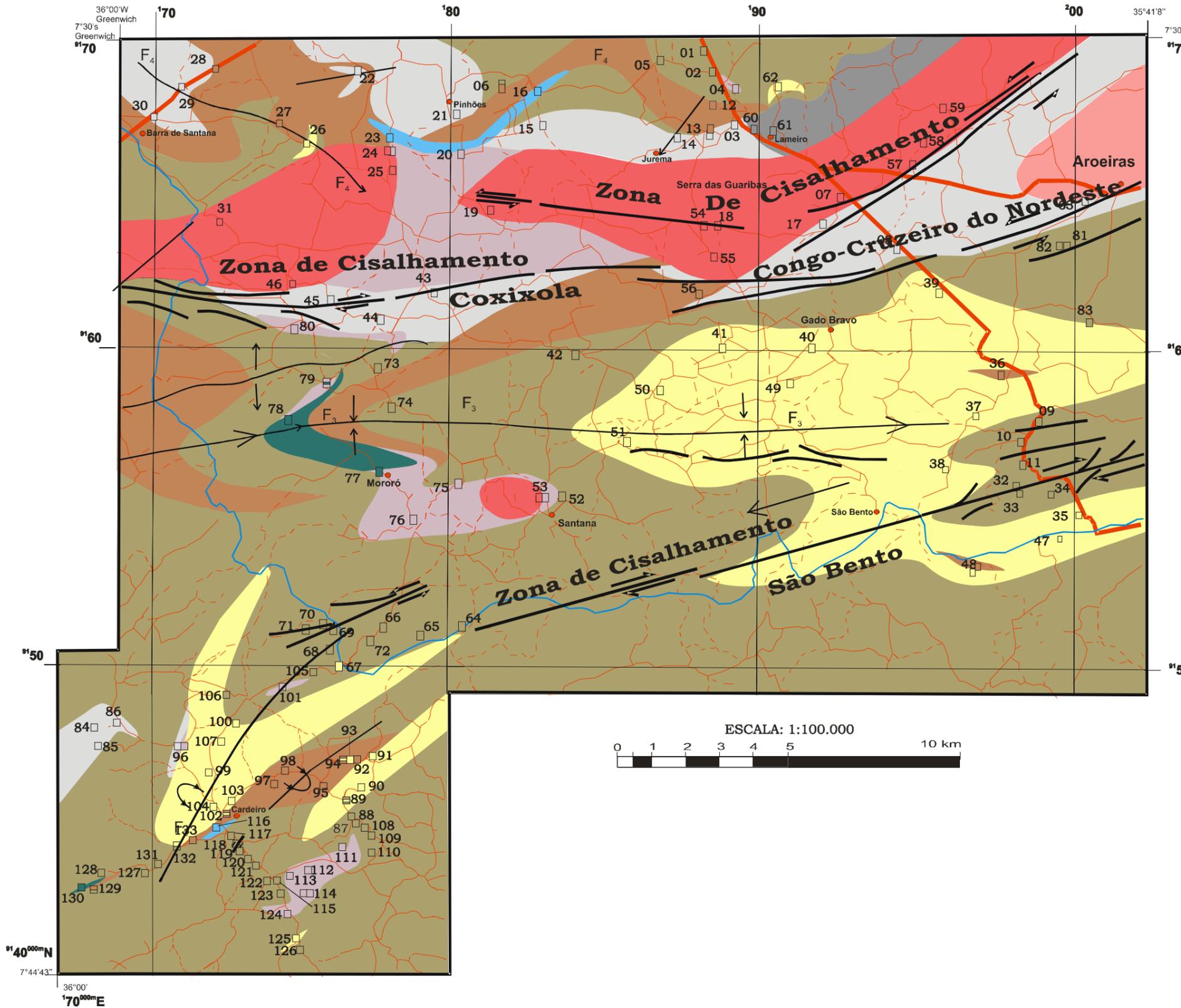
- Rio Paraíba
- Cidade Cidades de dimensões diversificadas

Convenções geológicas

- Zona de cisalhamento dextral
- Zona de cisalhamento sinistral
- Antiforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Sinforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Antiforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Sinforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Antiforme com sentido de mergulho da foliação
- Sinforme com sentido de mergulho da foliação
- Traço axial com caimento indicado

Dobramentos

- F2- direção geral de eixo: NE-SW
- F3- direção de eixo: E-W
- F4- direção geral do eixo: NW-SE a N-S



**ANEXO B.2**  
**MAPA GEOLÓGICO**

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO A OESTE DE AROEIRAS, PB

Parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulada "Tectônica e Litogeoquímica de Rochas Supracrustais e Ortognaisses a Norte e a Sul da Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste (Paraíba): Um Teste da Hipótese de Terrenos no Domínio Central da Província Borborema", com autoria de Vanja Coelho Alcantara- Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco - 2008

Unidades Litológicas

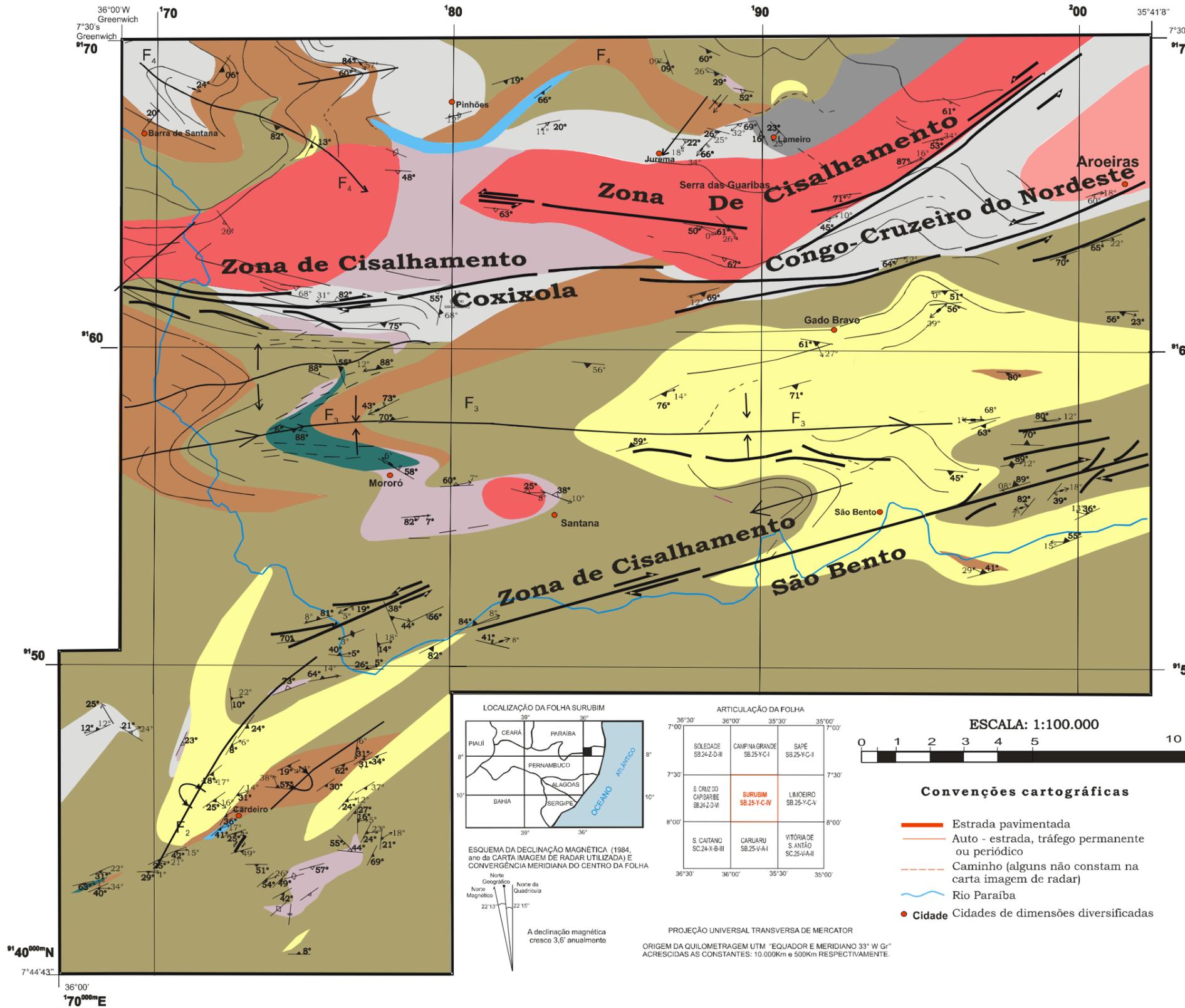
- Neoproterozóico**
- Granito Aroeiras
  - Granito Serra das Guaribas
  - Mármore
  - Paragnaisse arcoseano a quartzito
  - Paragnaisse pelítico
  - Rocha calcissilicática
  - Xisto
  - Ortognaisse granítico eqüigranular
- Paleoproterozóico**
- Ortognaisse granítico Lameiro (rico em anfibólio)
  - Ortognaisse bandado

Convenções geológicas

- Foliação tectônica das rochas ortoderivadas com mergulho e lineação de estiramento mineral
- Foliação tectônica das rochas paraderivadas com mergulho e lineação de estiramento mineral
- Foliação tectônica das rochas paraderivadas com mergulho e lineação de intersecção
- Foliação tectônica subvertical das rochas ortoderivadas
- Foliação tectônica subvertical das rochas paraderivadas
- Bandamento
- Plano axial com mergulho
- Plano axial subvertical
- Eixo de dobra medido
- Zona de cisalhamento dextral
- Zona de cisalhamento sinistral
- Fotolineamento
- Plano de cisalhamento com mergulho
- Antiforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Sinforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Antiforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Sinforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
- Antiforme com sentido de mergulho da foliação
- Sinforme com sentido de mergulho da foliação
- Traço axial com caimento indicado

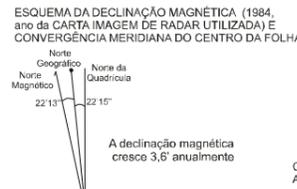
Dobramentos

- F2- direção geral de eixo: NE-SW
- F3- direção de eixo: E-W
- F4- direção geral do eixo: NW-SE a N-S



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

SOLEDADE SB.24-Z-D-III	CAMPINA GRANDE SB.25-Y-C-I	SAPE SB.25-Y-C-II
S. CRUZ DO CARIARIBE SB.24-Z-D-VI	<b>SURUBIM</b> SB.25-Y-C-IV	LAMEIRO SB.25-Y-C-V
S. CAITANO SC.24-X-B-III	CARIARU SB.25-V-A-I	VITÓRIA DE S. ANTÃO SC.25-V-A-II



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM "EQUADOR E MERIDIANO 33° W Gr"  
ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000Km e 500Km RESPECTIVAMENTE.



Convenções cartográficas

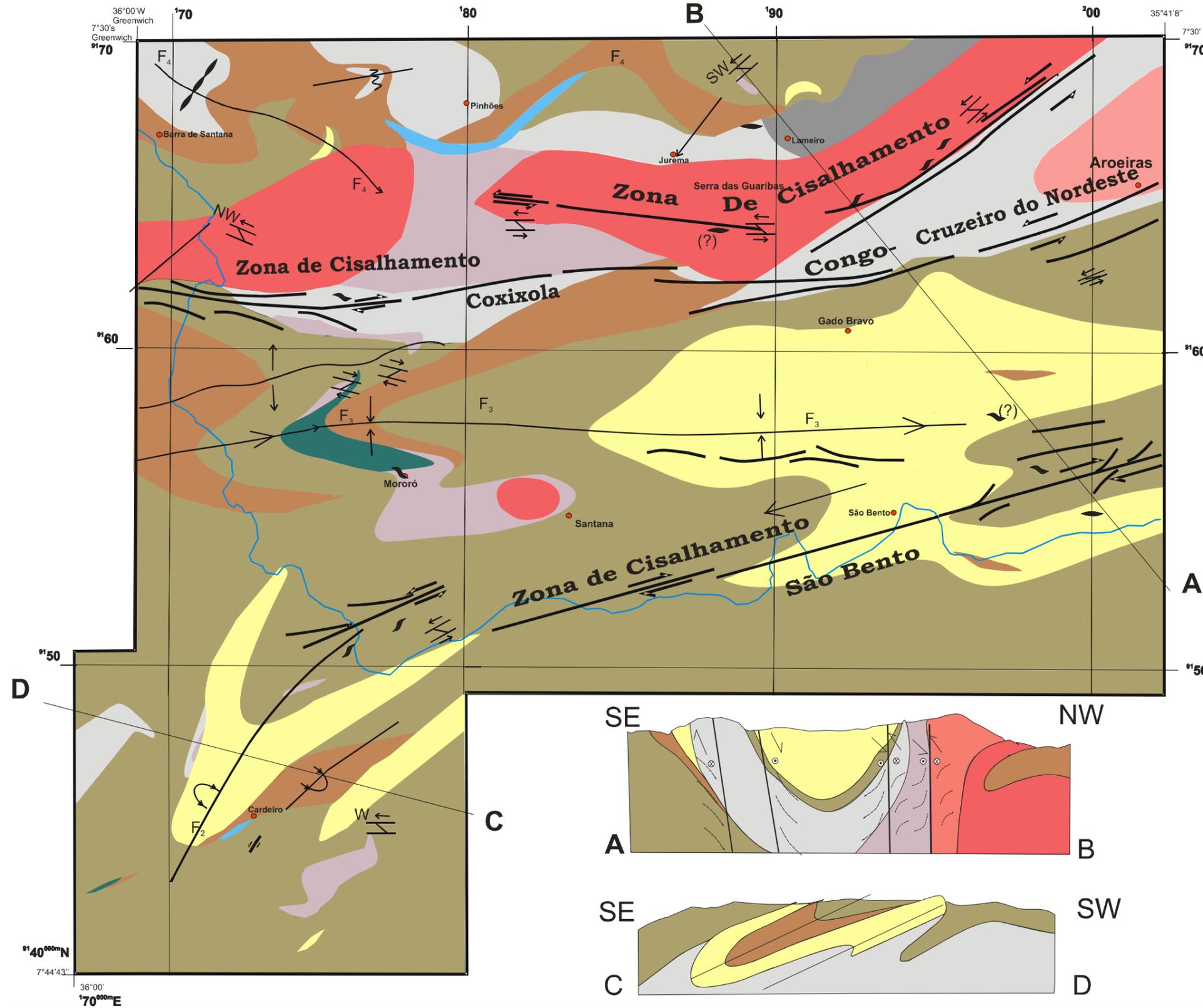
- Estrada pavimentada
- Auto-estrada, tráfego permanente ou periódico
- Caminho (alguns não constam na carta imagem de radar)
- Rio Paraíba
- Cidade Cidades de dimensões diversificadas

**ANEXO B.3**

**MAPA COM CRITÉRIOS DE CISALHAMENTO E CORTES  
GEOLÓGICOS**

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO A OESTE DE AROEIRAS, PB

Parte integrante da Dissertação de Mestrado intitulada "Tectônica e Litogeoquímica de Rochas Supracrustais e Ortognaisses a Norte e a Sul da Zona de Cisalhamento Congo- Cruzeiro do Nordeste (Paraíba): Um Teste da Hipótese de Terrenos no Domínio Central da Província Borborema", com autoria de Vanja Coelho Alcantara- Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco - 2008



- Unidades Litológicas**
- Neoproterozóico**
- Granito Aroeiras
  - Granito Serra das Guaribas
  - Mármore
  - Paragneisse arcoseano a quartzito
  - Paragneisse pelítico
  - Rocha calcissilicática
  - Xisto
  - Ortognaisse granítico equigranular
- Paleoproterozóico**
- Ortognaisse granítico Lameiro (rico em anfibólio)
  - Ortognaisse bandado
- Convenções cartográficas**
- Rio Paraíba
  - Cidade Cidades de dimensões diversificadas
- Convenções geológicas**
- Dobras em Z
  - Critério de cisalhamento C\_S dextral
  - Critério de cisalhamento C\_S sinistral
  - Critério de cisalhamento topo-base com direção de topo indicada
  - Cristal assimétrico sinistral
  - Cristal assimétrico dextral
  - Cristal simétrico
  - Zona de cisalhamento dextral
  - Zona de cisalhamento sinistral
  - Antiforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
  - Sinforme inclinada com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
  - Antiforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
  - Sinforme com sentido de mergulho da foliação e caimento de eixo indicados
  - Antiforme com sentido de mergulho da foliação
  - Sinforme com sentido de mergulho da foliação
  - Traço axial com caimento indicado
- Dobramentos**
- F2- dobras invertidas
  - F3- dobras normais
  - F4- dobras normais (suaves a abertas)

# **ANEXO C**

**DESCRIÇÕES DE SECÇÕES DELGADAS**

## DESCRIÇÕES DE SECÇÕES DELGADAS

---

---

### Van - 01

**Descrição geral:** granulação média a grossa; a foliação é marcada por biotita e é melhor visualizada em amostra de mão. Há alternância de bandas mal definidas de quartzo e de biotitas.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 39%, biotita: 33%, plagioclásio: 26%, minerais opacos: 1%, granada: <1%, epidoto + allanita: <1%, apatita <1%, zircão: <<1%. Granada + apatita + epidoto + zircão = 1%.

**Descrição dos minerais:**

Quartzo: anédricos, alongados, recristalizados. Bandas mal formadas exibem alternadamente composição rica em quartzo com composição rica em biotita.

Biotita: subédricas, tamanhos variados, distribuem-se em bandas; em equilíbrio com a granada. Junto a seus bordos comumente ocorrem minerais opacos. Varia de amarelo e laranja a marrom escuro.

Granada: a maioria ocorre em grandes dimensões, geralmente em aglomerados; são subédricas a anédricas. Biotita ocorre nos bordos das granadas, que também contém inclusões da mesma, de quartzo e de minerais opacos.

Plagioclásio: são grãos de tamanho médio a pequeno, anédricos, aproximadamente eqüiláteros e se distribuem aleatoriamente. Há alguns alongados e o maior eixo de diferentes grãos não são necessariamente paralelos, o que indica origem sedimentar.

Minerais opacos: os grãos são anédricos, pequenos, a maioria é alongada. Os alongados freqüentemente ocorrem juntos às biotitas primárias ou nos interstícios das secundárias. Os grãos não alongados são maiores, com contornos bem definidos.

Epidoto e allanita: grãos de tamanhos variados, subédricos, cor esverdeada. Parte deles encontra-se disperso em grãos pequenos e parte junto a granada. Ocorre allanita metamíctica junto aos epidotos.

**Rocha:** granada biotita gnaïsse.

**Protólito:** provavelmente arenito arcoseano.

### VAN - 02

**Descrição geral:** Granulação média, foliação bem marcada pelas biotitas.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, biotita: 30%, plagioclásio: 25%, granada: 3%, minerais opacos: 1%, epidoto: <1%, zircão: <1%, apatita: <1%.

**Descrição dos minerais:**

Quartzo: anédrico, tamanho variável (0,375 a 0,625 mm); muitos estão alongados, e todos apresentam extinção ondulante, alguns já parcialmente recristalizados. Contato interdigitado com biotita e plagioclásio. Pouco é visto em contato com granada, mas é possível (inclusive quartzo incluso na granada), quando aparece com contato irregular. Ocorre em toda a lâmina, mas é mais freqüente em níveis não muito bem definidos.

Biotita: predominantemente subédricas, mas também anédricas; a maioria é alongada. Apresentam forte coloração marrom avermelhada e se distribuem em camadas mal definidas. Em alguns locais ocorrem em contato com pequenos zircões, que forma halos. Biotitas apresentam-se em tamanho médio de 0,025 a 3,75mm, embora pareçam maiores porque ocorrem em conjuntos.

Granadas: anédricas, mais raramente subédricas, em geral arredondadas, com algumas alongadas, paralelas a biotitas. São bastante fraturadas e têm cor cinza. Parte delas altera para biotita e clorita nas fraturas; também se vê inclusões de biotita; minerais opacos e allanita, esta muito pequena, em menor quantidade. Grãos de quartzo também podem aparecer dentro da granada, embora esses dois minerais pouco apareçam em contato. A granada não tem distribuição homogênea, ocorrendo preferencialmente nos níveis mais ricos em biotita, junto a estas. As dimensões em que ocorrem são variadas.

Minerais opacos: a maioria é subédrica; variam de forma e tamanho, mas predominam os alongados, que seguem orientação geral da rocha (mesma direção das biotitas).

Plagioclásio: anédricos, contatos arredondados com quartzo; já com a biotita às vezes é interdigitado. Também foi visto macla mecânica e zonação. A maioria dos grãos tem comprimento maior do que a largura, geminação paralela ao comprimento, que por sua vez é paralelo à foliação. Mas há grãos eqüiláteros, e grãos cuja geminação não é paralela à foliação. Ocoem inclusões de biotitas pequenas, euédricas e subédricas, com aspecto similar a corrosão. Encontra-se muito sericitizado.

Zircão: ocorre em pequenos grãos junto a biotita.

**Rocha:** paragnaisse pelítico.

**Van - 03**

**Descrição geral:** granulação média; foliação pobremente marcada por biotitas.

**Minerais e abundância relativa:** plagioclásio: 36%, quartzo: 33%, biotita: 30%; minerais opacos, epidoto (incluindo allanita); apatita e clorita somam um total de 1%.

**Descrição dos minerais:**

Quartzo: anédrico, tamanhos sofrendo grande variação, apresenta extinção ondulante, muitos já recristalizados. Contatos arredondados com plagioclásio e com biotita. Alguns grãos estão alongados paralelamente a biotita.

Biotita: cor marrom a marrom avermelhada, a maioria é anédrica, alguns alongados, dando orientação à rocha; distribuição homogênea. Os grãos variam de pequenos a médios.

Plagioclásio: subédricos a anédricos, levemente alterados para mica; variam de pequenos a grandes e apresentam contatos interdigitados com biotita; alguns têm extinção ondulante. A distribuição é homogênea. Zonação e geminação Carlsbad ocorrem por vezes simultaneamente a albita.

Minerais opacos: de tamanhos e formas variadas: uns são grandes e arredondados e outros, de tamanho médio e alongados.

Apatita: tamanho médio (subédricas), ocorre com maior frequência em certos pontos, localmente.

Epidoto: pequenos, subédricos, sem núcleo de allanita.

**Rocha:** ortogneisse.

**Protólito:** tonalito.

**Van - 07**

**Descrição geral:** granulação média a fina, escura, nítida foliação alternando bandas precárias ricas em biotita e quartzo. Há *augens* cuja simetria é de caráter duvidoso, mas há estrutura *Pull apart*, que indica movimento dextral.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 33%, microclina: 19%, biotita: 20%, anfibólio cálcico: 20%, plagioclásio: 7%, minerais opacos:  $\leq$  1%, apatita: < 1%, titanita < 1%, allanita: < 1%, epidoto: < 1%.

**Descrição dos minerais:**

Quartzo: grãos médios a pequenos. Distribui-se em bandas mal formadas, que alternam com a biotita. São anédricos, antes alongados e agora recristalizados com pontos tríplices entre si. Todos com extinção ondulante.

Plagioclásio: tamanho médio, comprimento pouco maior do que a largura, geminação aproximadamente na direção do fluxo. São anédricos e sofrem alterações

para um material escuro. Sua distribuição não é homogênea, ficando os grãos de plagioclásio geralmente agrupados.

Microclina: os grãos pequenos e anédricos se distribuem aleatoriamente, e geralmente são mal formados. Pode ocorrer ainda em grandes cristais.

Biotita: pequenas a médias; são alongadas, mas anédricas, cor amarela a marrom bem escuro, distribuídas em bandas mal desenhadas, além de estarem dobradas; algumas estão recristalizadas.

Anfibólio: varia de subédrico a anédrico, tamanho muito grande (mais raramente) a pequeno; acompanha a foliação, e ocorre predominantemente nas bandas ricas em biotita.

Apatita: grãos arredondados na maioria, tamanho normal, subédricos; alguns alongados, finos, quase aciculares. Distribuição não homogênea, ocorrendo relativamente próximo uns dos outros.

Titanita: grãos subédricos a euédricos, pequenos (0,45 mm), ocorrem em aglomerados, por vezes alongados; alguns apresentam zonação.

Minerais opacos: alongados, anédricos, sempre junto a biotitas ou aos anfibólios.

Allanita: um grão euédrico, zonado, pequeno; outro bastante alongado, alterado e subédrico. Às vezes grãos anédricos e zonados estão presentes dentro da biotita, gerando alteração na estrutura do mineral que o hospeda.

Epidoto: anédrico, de tamanho médio, alguns alongados, alguns com núcleo de allanita. São poucos, de forma que fica difícil dizer se distribuição é ou não homogênea.

**Rocha:** *augen* gnaisse.

**Protólito:** sienogranito.

### **Van - 08**

**Descrição geral:** finamente foliado e granulado, tem foliação bem marcada por biotitas e anfibólios; fraturas paralelas à foliação (preenchidas com grãos um pouco maiores); C-S presente, fornecido por biotitas. Os anfibólios apresentam formas sigmóides simétricas.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 35%, biotita: 25%, anfibólio cálcico: 17%, plagioclásio: 12%, microclina: 8%, apatita: 1%, minerais opacos: <1%, epidoto + allanita: < 1%, zircão: <1%, titanita < 1%. Os quatro últimos somam um total aproximado de 2 %.

**Descrição dos minerais:**

Biotita: anédricas, porém alongadas, marcando bem a foliação. Coloração marrom escura. Os grãos variam de pequeno a médio e se distribuem na foliação, alternando níveis mais micáceos com níveis menos micáceos; localmente também se alternam com níveis quartzosos, praticamente sem micas. São locais onde houve fratura, o espaço foi preenchido por quartzo, que aparece em grãos maiores, apesar de também ter sofrido recristalização. A biotita freqüentemente está associada ao anfibólio.

Quartzo: anédricos, não alongados, distribuição aproximadamente homogênea. Quartzo também ocorre nas fraturas. Os tamanhos variam de muito pequenos a médios. Ocorrem com extinção ondulante. Alguns grãos mostram-se alongados, aproximadamente na direção de foliação. Apresenta contatos irregulares com anfibólio e biotita. Mirmequita também está presente.

Apatita: sua forma varia de anédrica arredondada a euédrica alongada. Distribuição não homogênea, ocorrendo com freqüência junto aos anfibólios.

Anfibólio cálcico: provavelmente hornblenda: anédricos, mas alongados, seguindo a foliação. São grãos médios a grandes. Coloração verde pálida, ora amarelada, ora azulada. Ocorre com freqüência junto a biotita; também com freqüência tem apatitas inclusas. Contato aproximadamente reto com biotita, irregular com o quartzo. Alguns dos grãos menores são subédricos.

Microclina: grãos anédricos, alguns fraturados; apresenta extinção ondulante, contato arredondado com quartzo, distribuição aparentemente homogênea.

Plagioclásio: pequenos a médios e anédricos, contatos irregulares, a maioria sem geminação paralela.

Minerais opacos: tamanho médio, formas variadas, anédricos, ocorre geralmente em proximidade com a biotita.

Epidoto: pequenos, subédricos, no quartzo.

Allanita: grão zonado, de cor alaranjada a marrom.

Titanita: um grão, subédrico, com hábito preservado.

Zircão: apenas um pequeno grão subédrico, zonado ocorre próximo a um grão de biotita.

**Rocha:** ortognaisse bandado.

**Protólito:** monzogranito.

### **Van – 13A**

**Descrição geral:** granulação média, com fraca foliação, com bandas mais ricas em biotita alternadas com bandas mais ricas em anfibólio.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 30%, plagioclásio: 25%, anfibólio cálcico: 23%; biotita: 17%, titanita: 3%; minerais opacos: 1%, apatita: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: anédricas, tamanhos variados, predominam as médias não alongadas, definindo pobremente a foliação, juntamente com hornblendas. Apresentam-se na cor marrom escura a avermelhada. Alterna níveis mais ricos em biotita com níveis mais ricos em anfibólio. Também ocorrem micas secundárias.

Anfibólio cálcico: anédrico, tamanho de médio a grande, em geral alongados, de forma que ajudam na definição da foliação. Seu contato com biotita varia de reto a irregular. Sua cor varia de verde escuro a verde amarelado. Distribuição em níveis não bem definidos.

Quartzo: os grãos são anédricos, de tamanho médio, fraturados, não alongados; formam contatos irregulares ou arredondados com plagioclásio. Apresenta extinção ondulante e os grãos estão recristalizados. A distribuição se dá de forma mais ou menos homogênea.

Plagioclásio: grãos subédricos a anédricos, de tamanho médio, fraturados, não alongados, contato irregular com anfibólio. Apresenta leve extinção ondulante, e os grãos apresentam sempre geminação Carlsbad. Ocorrem também zonados.

Apatita: médias a grandes, variam de arredondadas e subédricas, no seu maior comprimento, geralmente próximas ao anfibólio.

Titanita: variam de anédricas a euédricas, coloração marrom; localmente exhibe geminação paralela. Quanto ao tamanho, variam de pequenas a grandes, e não se distribuem de forma homogênea.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** tonalito.

### **Van – 13B**

**Descrição geral:** amostra clara, granulação média a grande, com foliação.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 35%, microclina com pertitas: 27%, plagioclásio: 24%, biotita: 11%, minerais opacos: 2%, apatita + allanita: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: ocorrem nas cores amarela clara a esverdeada e marrom escuro. Tamanho de pequeno a médio, anédricos a subédricos. Constituinte da foliação, tem

ainda contato reto com quartzo e microclina (estando inclusa dentro da última, por vezes). Contém inclusões de minerais opacos, junto ao qual freqüentemente ocorre.

Apatita: ocorre em dimensões de 0,35 a 0,075mm, em diferentes tamanhos e formas. Podem ser alongadas, variando de quase aciculares a colunares. Em geral são subédricas, com poucas euédricas. As menos alongadas também são subédricas e em geral, maiores. A distribuição não é homogênea, ficando a maioria próxima a biotita, alongadas na mesma direção.

Minerais opacos: anédricos, agrupados juntos a biotita, em equilíbrio com ela. Alguns são alongados, outros arredondados, em tamanhos de 0,150mm.

Allanita: em cor amarronzada, metamictizada, com tamanho médio de 0,27mm. Encontram-se seguindo discretamente a foliação; quando juntas da biotita, provoca halos pleocróicos. Varia de anédrico a subédrico - quase euédrico.

Quartzo: grãos de tamanhos variados, em média 3 mm, devido a recristalização. Recristalizados, passam a anédricos e pequenos. A grande maioria permanece com extinção ondulante. Apresenta contatos retos e a distribuição não é muito homogênea, havendo discretas concentrações em bandas paralelas à foliação.

Plagioclásio: muitos, anédricos, de diferentes formas; com geminação mecânica. Contato reto com quartzo, um pouco irregular com biotita. Parte deles apresenta extinção ondulante.

Microclina: muitos grãos não completamente formados. Apresentam extinção ondulante e o contato com o quartzo é arredondado. Presença de pertitas e antipertitas. Tamanhos variam de grandes a pequenos, todos anédricos.

**Rocha:** ortognaisse cisalhado.

**Protólito:** monzogranito.

#### **Van – 14A**

**Descrição geral:** amostra escura, verde, com fraca foliação e granulação média.

**Minerais e abundância relativa:** anfibólio cálcico: 50%; quartzo: 30%, plagioclásio: 17%, biotita: 17%, apatita: 1%; titanita + minerais opacos: 1%, allanita: <1%, tremolita-actinolita: <1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Anfibólio cálcico: grãos subédricos a anédricos, alongados formando foliação. Pleocroísmo de verde claro a verde escuro. Distribuição aproximadamente homogênea; grãos de tamanho médio. Umhas poucas inclusões de minerais opacos, apatita, titanita. Uma pequena parte que parece alterar para tremolita-actinolita.

Bordos em contato com quartzo são arredondados, irregulares. Aparentemente formam discretas bandas.

Titanita: a maioria dos grãos é anédrica ou subédrica. Ocorrem isolados ou aos pares. Muitos ocorrem próximos aos anfibólios, com quem mantêm contatos retos.

Apatita: apresenta distribuição aleatória e pode estar dentro das hornblendas. São subédricas, pequenas, sem textura de reação, não aciculares.

Quartzo: grãos pequenos e médios, anédricos, distribuídos homoganeamente, muitos com extinção ondulante; aparentemente sem recristalização.

Plagioclásio: grãos pequenos e médios, anédricos, distribuídos de forma homogênea, muitos com extinção ondulante; aparentemente sem recristalização. Também tem geminação periclínea juntamente com a albita.

Allanita: metamictizada, geralmente próxima ao bordo de hornblendas.

Tremolita-actinolita: anédricas, algumas alongadas. Resultam de alteração de outro anfibólio.

**Rocha:** anfibolito.

**Protólito:** basalto.

### **Van - 14B**

**Descrição geral:** amostra escura, verde, foliada, com granulação grossa. A rocha é atravessada por fraturas que foram preenchidas por quartzo.

**Minerais e abundância relativa:** anfibólio cálcico: 40%, plagioclásio: 23%, quartzo: 20%, microclina: 10%, titanita: 5<sup>a</sup>6 %, apatita: 1%, allanita: <1%. Titanita + allanita = 6%.

#### **Descrição dos minerais:**

Anfibólio cálcico (hornblenda): os grãos são grandes e variam de anédricos a subédricos, são grosseiramente alinhados, desenhando a foliação, tendendo a formar bandas. Apresentam inclusões de minerais opacos e titanita (que às vezes bordejam os anfibólios), allanita e apatita. O contato com o plagioclásio é reto e com o quartzo, arredondado.

Titanitas: pequenas, variam de alongadas subédricas a euédricas. Localmente com geminação polissintética. Ocorre em maior concentração junto às hornblendas, podendo ocorrer como inclusões total ou parcial nas mesmas, bordejando-as, formando grupamentos alongados. Frequentemente se apresentam com bordos ou com o centro completamente opaco. Apresenta contatos irregulares com os grãos vizinhos.

Apatita: grãos pequenos, subédricos, sem direção preferencial, contatos regulares. Distribui-se por toda a lâmina.

Minerais opacos: anédricos, pequenos, geralmente dentro da hornblenda, por vezes no centro de titanita, às vezes contornando-as. Distribuem-se em conjuntos alongados.

Allanita: anédricas metamictizadas, próximos aos bordos da hornblenda. São pequenas, e dentre elas há uma euédrica.

Quartzo: tamanho médio, recristalizado, anédrico, com extinção ondulante. Distribui-se em bandas menos quartzosas alternadas com outras mais quartzosas. São preenchimento de fraturas, juntamente com plagioclásio e microclina.

Plagioclásio: anédricos, variam de pequenos a muito grandes. Não apresentam zonações e estão bastante alterados para sericita. A distribuição dos grãos é heterogênea: os grandes ocorrem nas microfraturas e os menores, na composição da própria rocha.

Microclina: anédricos, em geral de tamanho médio e, quando em microfraturas mais estreitas, em grãos pequenos. Sofre recristalização.

**Rocha:** anfibolito.

**Protólito:** basalto.

### **Van – 15**

**Descrição geral:** amostra com granulometria fina; bandas escuras, mais estreitas, alternadas com bandas mais claras.

**Minerais e abundância relativa:** plagioclásio: 30%, biotita: 28%, quartzo: 25%, microclina: 14%, apatita: 1%, zircão + allanita: 1%, granada + clorita + minerais opacos: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: anédrica, alongadas, marcando foliação (principalmente os maiores). Os grãos têm tamanho médio a grande, cor de amarelo a marrom escuro; têm em sua proximidade zircão e apatita, por vezes inclusos. Apresentam contatos retos ou arredondados com quartzo; contato irregular com antipertitas. Ocorre mais freqüentemente em contato com quartzo. Distribuem-se em bandas.

Apatita: concentram-se como inclusões em biotita ou nas suas proximidades. Ocorrem de anédricas a euédricas, com tamanho máximo de 0,1mm.

Zircão: poucos, subédricos a euédricos, zonados, com tamanho máximo de 0,25mm. Apresenta contatos retos com os minerais vizinhos, e estes geralmente são grãos de biotita.

Allanita: são subédricas, metamictizadas, geralmente próximo a biotita, destruindo-a em alguns casos.

Granada: raros, anédricos, com inclusões de biotita, quartzo, plagioclásio, apatita; altera parcialmente para clorita; tamanho: 7mm. Cor de rosa claro a marrom.

Minerais opacos: pequenos (aproximadamente 0,005mm), em geral ocorrem nos bordos ou dentro da biotita, quando então ocorrem concentrados; mas também inclusa nos minerais félsicos. São anédricos, por vezes quadrangulares; outros são alongados, conforme orientação da biotita na qual estão inclusos. Também ocorrem agrupados junto ou dentro de biotitas.

Clorita: pequenas, subédricas, verde-claras. Ocorrem localmente, principalmente, como alteração da granada, mas também da biotita.

Quartzo: tamanho bastante variado, que vai de centimétrico a 0,025mm ou menos, em estado de recristalização. São anédricos, apresentam extinção ondulante e compõem bandas (juntamente com plagioclásio e feldspato potássico) que se alternam com bandas ricas em biotita. Também ocorre mirmequitas.

Plagioclásio: vários grãos, anédricos, em dimensões que variam de 0,75 a 4mm, aproximadamente. Faz parte das bandas claras, juntamente com quartzo e feldspato potássico. Apresenta contato reto com quartzo, irregular com biotita. Alguns grãos estão passando a antipertitas.

Microclina: anédricos, com dimensões de 0,05 a 2-3mm. Faz parte das bandas claras com quartzo e plagioclásio. Apresenta contato reto com seus vizinhos; também são encontradas pertitas. Os grãos apresentam extinção ondulante. Os grãos de microclina ocorrem mal formados.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** granodiorito.

### **Van - 18**

**Descrição geral:** amostra esverdeada, com granulação fina e grandes cristais de hornblenda. Há bandamento de porções ricas em biotita e porções mais ricas em quartzo. A rocha está cisalhada e bastante foliada.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, biotita: 20%, feldspato potássico: 15%, plagioclásio: 12%, anfibólio (cálcico): 7%, titanita: 3%, allanita: < 2%, apatita: 1%, minerais opacos: <1%.

**Descrição dos minerais:**

Anfibólio cálcico (provavelmente secundário): grãos grandes ou médios, anédricos, porém a maioria está alongada na direção da deformação. Localmente parece vir de piroxênio.

Quartzo: muitos grãos pequenos, grande parte recristalizada. Outros de tamanho médio e alguns alongados, já sofrendo recristalização. Todos com extinção ondulante. Os alongados indicam foliação. Também há mirmequitas.

Microclina: pequenos, anédricos, alongados na direção da foliação. Ocorre grãos com granulações grandes, anédricos, com inclusões de plagioclásio. Sofre alteração para um mineral fino, marrom.

Biotita: pequenas, alongadas, cor amarela a marrom bem escuro; são anédricos e formam foliação, distribuindo-se de forma não aleatória.

Plagioclásio: grãos de tamanho pequeno a médio. A geminação polissintética ocorre em diferentes direções. Os grãos são poucos e se distribuem de forma aleatória.

Apatita: sua forma varia de anédrica a euédrica, ocorre como grãos geralmente próximos uns dos outros.

Titanita: algumas euédricas, pelo menos uma geminada, grãos de tamanhos variados (normalmente os grandes são subédricos).

**Rocha:** rocha granitóide milonitizada.

**Protólito:** monzogranito.

### **Van - 19**

**Descrição geral:** amostra clara, bandada, com granulação muito fina; contém grandes cristais de minerais félsicos e grãos verde-claros que se destacam. Estes cristais grandes são bem maiores do que os esverdeados.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 24%, feldspato potássico: 24%, piroxênio: 18%, biotita: 10%, plagioclásio: 10%, anfibólio (cálcico): 7%, titanita: 5%, apatita: < 1%, epidoto (clinozoizita?): < 1%, allanita: < 1%, minerais opacos: <<1%, zircão: <<1%. Tem-se zircão ≤ minerais opacos < epidoto < allanita < apatita, e sua soma resulta em aproximadamente 2%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: pequenos grãos (0,01 a 0,175 mm), anédricos, alongados, desenham foliação juntamente com piroxênio e minerais máficos, gerando alternância de bandas félsicas e máficas, Ocorre em cor amarelada a marrom bem escuro.

Anfibólio cálcico (provavelmente hornblenda): grãos pequenos, anédricos, por vezes subédricos. Sempre ocorre nas bandas escuras e predominantemente nos bordos dos piroxênios, quando são de cor verde-escuro, o que lhe confere destaque.

Piroxênio: (clinopiroxênio, provavelmente augita): ocorre nas bandas máficas, com granulação de 0,01 a 8mm, localmente em grãos fraturados. Cor verde clara levemente amarelada, em grãos euédricos, anédricos ou, quando em corte paralelo a c, subédricos. Raros grãos mostram as duas clivagens, quando então se assemelha ao diopsídio. Desenham foliação junto a biotita. Às vezes ocorrem em grãos alongados, podendo ocorrer como ripas.

Titanita: dimensões variam de 0,01 a 2mm; sua forma varia de anédrica a subédrica. Apresenta-se em cor marrom. Há alguns geminados agrupados, com relevo alto bem marcado. Sua distribuição se dá em pequenos grupos ou individualmente em bandas máficas, acompanhando a foliação.

Apatita: predomina nas bandas máficas, nos bordos ou como inclusões de piroxênio e biotita (que compõem as bandas), ou de titanita e allanita (nos bordos). Seu tamanho varia de pequeno a médio e a forma, de subédrica a anédrica.

Minerais opacos: grãos anédricos, pequenos (0,06mm), ocorrem nas bandas máficas, por vezes como inclusões de biotita e epidoto.

Epidoto: grãos de tamanho de 0,25mm, subédricos. Distribui-se por toda a rocha, bandas claras e escuras. Um deles, maior do que os outros, tem núcleo de allanita.

Allanita: granulação em torno de 0,7mm, em grãos alongados paralelo à foliação. Ocorre nas bandas máficas, geralmente junto a biotita e piroxênio. Localmente pode ocorrer zonada. Todos os grãos estão metamictizados e são subédricos.

Zircão: pequenos, subédricos, de cor mais clara (amarelada) do que a titanita. Parece ocorrer nas duas bandas, com maior afinidade pela máfica.

Quartzo: ocorre predominantemente em grãos alongados, que compõem bandas claras juntamente com plagioclásio e feldspato potássico. Os intermediários têm tamanho médio de 0,25mm. Os grãos são anédricos e apresentam extinção ondulante, muitos já tendo sofrido recristalização.

Plagioclásio: há cristais pequenos (0,25mm) e maiores (0,15mm), além de alguns muito grandes (1cm), sem tamanhos intermediários. Raramente apresentam extinção ondulante. Alguns começam a desenvolver antipertitas, alguns sofrem recristalização. Os grãos de plagioclásio da rocha são anédricos, à exceção dos

grandes, que podem ser subédricos. Definem, juntamente com quartzo e feldspato potássico, as bandas claras.

Feldspato potássico: há pertitas e microclinas completa ou parcialmente. A maioria dos feldspatos potássicos é de ortoclásio, mas em alguns, microclina começa a se formar e, em outros, já estão praticamente formados. Localiza-se nas bandas félsicas, com uns poucos grãos pequenos nos bordos das bandas máficas, são anédricos e se apresentam em dois tamanhos de grãos: fenocristais e grãos menores (0,3mm).

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** sienogranito.

### **Van – 25**

**Descrição geral:** amostra com bandas máficas e félsicas, grosseiramente desenhadas por grãos de tamanhos variados.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 30%, feldspato potássico (com pertitas): 35%, piroxênio: 15%, biotita: 10%, plagioclásio: 7%, titanita: 2%, apatita: <1%, epidoto: << 1%, allanita: << 1%, minerais opacos: <<1%, zircão: <<1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: granulação grande (aproximadamente 8mm), alongados, marcam foliação juntamente com piroxênio. Apresentam cor alaranjada a marrom avermelhada, ocorre em formas subédricas a anédricas; distribuem-se grosseiramente em bandas mais escuras (com piroxênio, principalmente) que se alternam com bandas félsicas.

Piroxênio: grãos grandes, irregulares, anédricos; apresentam várias inclusões – biotita, titanita, apatita, minerais opacos. Estes últimos parecem ser resultados de alteração do piroxênio. Muitas vezes apresenta o centro dos grãos em textura fibrosa. Sua coloração vai de verde amarelado claro a escuro, não homogênea ao longo do grão. Distribui-se em bandas escuras, alongado paralelamente a biotita, definindo a foliação. Seu tamanho chega a 6 ou 7mm. Os contatos são irregulares, podendo o piroxênio apresentar ainda contato interpenetrativo com feldspato potássico. Pode ser recristalizado e ocorre em contato com quartzo recristalizado. Aparentemente é augita passando a *tremolita-actinolita* ou a *clorita*.

Apatita: os grãos ocorrem em tamanhos de 0,02mm a 0,05mm, são subédricos, ocorrem em ambas as bandas, mas predominam nas escuras (por vezes como inclusões de piroxênio ou biotita). Apresenta contatos retos, e acompanha foliação.

Titanita: grãos de formas e tamanhos variados (0,007 a 0,13 mm, sem muitos tamanhos intermediários). Vão de subédricos a anédricos, sendo a maioria anédrica e de menor tamanho. Ocorre apenas na banda escura, como aglomerados que podem ou não ser alongados, em torno ou dentro do piroxênio e da biotita (predominam os conjuntos alongados). Mais raramente apresenta geminação polissintética.

Allanita: tamanho pequeno a médio, de 0,005 a 0,09mm. São subédricos, alongados, parcialmente deteriorados; não zonados, com cor alaranjada. Distribuem-se junto a biotita ou como inclusão da mesma e junto ao piroxênio (bandas máficas, principalmente). Forma contatos retos com os outros minerais e, por vezes, halos na biotita.

Minerais opacos: pequenos (0,003mm), anédricos, ocorrem apenas concentrados dentro de alguns grãos do piroxênio, parecem ser alteração do mesmo.

Zircão: pequenos grãos romboédricos (0,005 mm) ou alongados (0,3mm), euédricos. Ocorre em ambas as bandas e apresenta contato reto com os outros minerais; não define foliação.

Epidoto: granulometria variável, com média de 0,1mm. Às vezes apresenta núcleo (allanita ?). Ocorre em formas anédricas a subédricas e geralmente é encontrado junto às bandas máficas.

Quartzo: grãos minúsculos de quartzo anédricos, distribuídos em trama, têm aproximadamente 0,0025mm. Há ainda grãos (aproximadamente 0,9mm) de tamanho médio de quartzo, provindos de recristalização a partir de grãos originalmente bem maiores. Não sofreram estiramento, mas se distribuem em faixas de quartzo, que não chegam a formar uma banda.

Plagioclásio: são anédricos, eqüiláteros, têm tamanho de grão médio (variando de 0,08 a 8mm) e se distribuem uniformemente.

Microclina (e pertitas): várias, anédricas, de média a muito grandes (0,6 a 9mm), alongadas. Pertita em chamas, sericitizadas, em diferentes estágios de formação.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** sienogranito.

### **Van - 29**

**Descrição geral:** amostra clara, foliada, com granulação média; minerais escuros e esverdeados desenhando a foliação.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, plagioclásio: 38%, biotita: 13%, anfibólio cálcico: 7%, apatita: 1%, minerais opacos: 1%, epidoto: < 1%, allanita: < 1%, zircão: < 1%. Allanita < epidoto < apatita < minerais opacos < zircão. Soma total: 2%.

**Descrição dos minerais:**

Apatita: subédricas, granulação grada de 0,01 a 0,06mm, aparentemente apresentam distribuição homogênea pela rocha. Ocorrem tanto junto aos máficos quanto aos félsicos.

Biotita: ocorre em tamanho médio a pequeno, nas cores amarelo dourado a marrom escuro-esverdeado. São alongados, anédricos a subédricos e apresentam contatos imperfeitos com os feldspatos sericitizados; juntamente com hornblenda define grosseiramente bandas máficas, que alternam com bandas félsicas, com espessuras de 0,15 a 3-4 mm. Também ocorre biotita secundária.

Minerais opacos: ocorrem em grupos em torno da biotita, parcialmente inclusas na mesma. São anédricas e variam de grãos muito pequenos (0,01mm, junto a biotita) até 0,4 mm (mais raros, na porção félsica).

Epidoto: anédricos, romboédricos, de 0,020 a 0,025mm. Por vezes ocorrem com núcleo de allanita. Apresenta contatos em geral arredondados e é localmente irregular quando em contato com biotita, dentro da qual ocorre às vezes.

Allanita: raras, muito pequenas, como núcleo de epidoto ou mesmo fora, mas aproximadamente do mesmo tamanho.

Zircão: são anédricos, arredondados ou alongados. Localmente apresenta geminação polissintética. Suas dimensões variam de 0,01 a 0,35mm. Ocorre por toda a lâmina, nas bandas máficas e nas félsicas.

Anfibólio cálcico (provável hornblenda): grãos médios (0,025 a 0,35mm), completamente anédricos, com aspecto de ter sofrido alteração. Apresenta pleocroísmo de verde amarelado a verde escuro. Distribui-se grosseiramente em bandas máficas com a biotita.

Quartzo: cristais de tamanhos variados: 0,0125 a 4,2mm, principalmente devido a recristalização; apresenta, ainda, extinção ondulante. São anédricos e se distribuem de forma relativamente homogênea dentro do bandamento.

Plagioclásio: granulação diversificada (0,625 a 4,5 mm); são grãos anédricos, com distribuição semelhante à do quartzo. Alteram muito para sericita e, em menor quantidade, para carbonatos. Ocorre macla mecânica; os grãos são eqüiláteros, sendo poucos os que apresentam uma das dimensões maior (seja largura ou comprimento).

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** tonalito.

### **Van - 31**

**Descrição geral:** amostra foliada com granulação grossa, com grandes cristais de minerais félsicos. A foliação é dada por minerais esverdeados; alternância grosseira de bandas máficas e félsicas, havendo mistura local entre as duas.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 39%, anfibólio cálcico: 12%, feldspato potássico: 12%, biotita: 10%, tremolita-actinolita: 10%, plagioclásio: 8%, piroxênio: 8%, apatita: <1%, epidoto: <1%, allanita: <1%, titanita: <1%. Epidoto ~ allanita < titanita ≤ apatita: soma total: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

**Biotita:** completamente anédricas, a maioria alongada marcando foliação. As dimensões gradam de 0,005mm a 1cm, formam bandas grosseiras juntamente com hornblenda, piroxênio e tremolita-actinolita, que alternam com bandas félsicas. Sua coloração vai de amarelo claro, marrom avermelhado a preto. O contato com outros minerais pode ser reto, arredondado ou irregular com seus vizinhos.

**Anfibólio cálcico:** ocorre nas mais diversas formas e grada de 0,15 a 0,4mm em média. Sua cor varia de verde amarelado a verde escuro e sofre alteração. Os grãos são anédricos, salvo raríssimas exceções euédricas. Distribui-se nas bandas máficas e apresenta contato irregular com biotita.

**Apatita:** grãos de tamanhos variados (0,01 a 0,4 mm), raramente euédricos, predominantemente subédrico; ocorre principalmente nas bandas máficas. Apresenta contatos retos com outros minerais.

**Epidoto:** a granulação varia de 0,35 a 0,07mm. Os grãos são anédricos, bastante irregulares. Predomina nas bandas escuras. Apresenta contatos retos com outros minerais.

**Allanita:** tamanho de 0,035 a 0,11mm; ocorre em formas subédricas a anédricas. Situa-se predominantemente junto aos minerais máficos, ainda que ocorra nas bandas félsicas (estas também contêm um pouco de máficos, visto ser o bandamento não muito bem definido). Os bordos são irregulares, mas os contatos são retos.

**Piroxênio:** os grãos são anédricos e ocorrem no centro de anfibólio cálcico (hornblenda?), originando-se de sua alteração. Ocorre sempre nas bandas máficas. Apresenta-se em cor verde clara, com bastante fraturas, dentro das quais são

formadas biotitas secundárias. As que não estão dentro do anfibólio são anédricas. Os tamanhos variam de 1,125 a 2mm.

Tremolita-actinolita: a maioria dos grãos é anédrica. Também ocorrem na hornblenda, como produto de sua alteração. A orientação em geral segue foliação; ocorre nos tamanhos de 0,01 a 0,45mm nas bandas máficas. Ocorre nas cores de verde claro a escuro.

Quartzo: grãos minúsculos de quartzo, anédricos, com extinção ondulante; formam uma matriz e gradam até 1,9mm, aproximadamente. Há fitas de quartzo e mirmequitas. Apresentam.

Plagioclásio: ocorre de 0,1 a 5mm. São anédricos e definem, juntamente com quartzo e feldspato potássico, bandas félsicas.

Microclina: ocorrem nos tamanhos de 0,6 a 12mm, aproximadamente. São anédricos, definem bandas félsicas com plagioclásio e quartzo, mas em geral não são alongados. Ocorrem grandes grãos pertitizados.

Titanita: anédricas, tamanho médio (0,25 a 0,55 mm), distribui-se na banda máfica, com contatos retos com os outros minerais.

**Rocha:** milonito.

**Protólito:** monzogranito.

### **Van 32**

**Descrição geral:** amostra marrom, com granulação média, foliada com destaque para grãos maiores, félsicos.

**Minerais e abundância relativa:** feldspato potássico: 28%, quartzo: 25%, plagioclásio: 25%, biotita: 22%, apatita: <1%, minerais opacos: <1%, granada: <1%. Minerais opacos < apatita < granada. A soma total é: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: grãos anédricos a subédricos, muito deformados, cor de amarelo dourado a marrom escuro, contornando os grãos grandes de feldspato. Os tamanhos variam de 0,25 a 2mm, aproximadamente. São grãos alongados, que formam a foliação da rocha, não gerando bandamento muito nítido.

Apatita: os grãos ocorrem nos tamanhos de 1,5 a 0,325mm, são anédricos ou subédricos. As bandas se misturam muito, o que dificulta saber em qual predomina; aparentemente predomina na máfica.

Quartzo: ocorre em grãos recristalizados com extinção ondulante. A maioria são pequenos grãos (de 0,1mm) que formam uma matriz e alguns grãos maiores de

quartzo (uma minoria de 1,5mm, aproximadamente). Há poucos de tamanhos intermediários.

Plagioclásio: apresentam-se nos tamanhos 1,4 a 0,42mm, são anédricos; alguns apresentam recristalização e/ou extinção ondulante. Distribuem-se em bandas félsicas, juntamente com quartzo e feldspato potássico. Também ocorrem como grãos grandes na matriz de quartzo.

Granada: ocorre em tamanhos de 0,45 a 2,25mm, anédricos, nas cores cinza ou rosa muito pálida; os grãos são fraturados e apresentam inclusões de apatita e biotita. Parecem ocorrer sempre junto a biotita.

Minerais opacos: ocorre nos tamanhos entre 1mm e pouco mais de 1cm. São anédricos a subédricos, ocorre nas bandas félsicas ou máficas. Também ocorrem como agupamentos alongados contornando a biotita.

Feldspato potássico: ortoclásio, alterando para sericita, ocorre nos tamanhos de 1,37 a 4mm. São anédricos, apresentam extinção ondulante; às vezes ocorrem alongados no sentido da foliação; formam bandas félsicas com plagioclásio e quartzo.

**Rocha:** paragnaisse pelítico.

### **Van - 35**

**Descrição geral:** amostra com granulometria média, apresenta foliação dada por biotita; há alguns grãos félsicos em destaque na amostra. A rocha se apresenta levemente bandada.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 30%, plagioclásio: 25%, biotita: 22%, muscovita: 12%, microclina: 10%, apatita: <1%, epidoto + allanita: <1%, granada: <1%, minerais opacos: <1%, titanita: <1%. Para comparar: titanita < apatita ≤ epidoto < granada < minerais opacos. A soma total = 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: cor de amarelo claro a marrom avermelhada escuro; os grãos são anédricos a subédricos, nos tamanhos de 0,025 a 3,8mm; sua distribuição define de forma grosseira a foliação. Os bordos parecem irregulares em alguns locais, mas o contato é reto. Localmente, biotita altera para clorita.

Muscovita: ocorre nos tamanhos de 2 a 0,37mm, são subédricas, distribui-se por toda a lâmina, com leve predominância junto a biotita, com quem define foliação, e com quem apresenta por vezes contatos interpenetrativos.

Granada: ocorre em grãos anédricos de tamanho médio de 1,37mm, sem alteração, em cor cinza. Apresenta muitas inclusões (de quartzo e biotita), e distribui-se próximo a biotita (ou dentro dela).

Minerais opacos: muito pequenos, anédricos, de formas variadas, amorfos, freqüentemente junto a biotita, contornando-a ou sendo total ou parcialmente incluso. Alguns maiores (0,37 mm) também ocorrem, geralmente em menor contato com biotita.

Apatita: tamanho em torno de 0,2 mm, subédrica, ocorre indistintamente junto aos minerais máficos ou félsicos.

Epidoto + allanita: ocorrem em grãos anédricos, de tamanhos de 0,35 a 0,01mm; distribui-se por toda a lâmina.

Quartzo: apresenta dimensões variadas (de 0,025 a 10mm). Grande parte dos grãos se encontra recristalizada e todos têm extinção ondulante e são anédricos. Há faixas mais quartzosas que outras.

Plagioclásio: ocorre em grãos anédricos, em tamanhos de 0,75 a 5mm, com distribuição aproximadamente homogênea.

Ortoclásio: aqui se apresenta como minerais pequenos a médios, são anédricos e estão alterados; não se distribuem em faixas.

Titanita: ocorre em grãos de aproximadamente 0,3 mm, anédricos, tanto junto aos minerais máficos quanto aos félsicos. Podem ocorrer em grupos ou individualmente.

**Rocha:** paragnaisse.

**Protólito:** arenito arcoseano.

### **Van - 39**

**Descrição geral:** amostra com granulação predominantemente fina, amarronzada, com poucos grãos grandes, félsicos. Exibe leve orientação na direção NE-SW.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, biotita: 27%, plagioclásio: 19%, muscovita: 13%, apatita: <1%, epidoto: <1%, granada: <1%, minerais opacos: <1. Apatita ~ granada < minerais opacos. Soma total: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: ocorre em grãos pequenos, anédricos, e seus tamanhos variam gradativamente de 0,005 a 0,1mm. Ocorre nas cores de alaranjado a marrom avermelhado escuro e desenham a foliação da rocha, contornando os grãos maiores.

Muscovita: ocorre no tamanho de 0,75mm, havendo pouca variação; são grãos subédricos, ocorrem junto a biotita na maioria das vezes, com ela desenhando a foliação.

Minerais opacos: subédricos alongados ou anédricos. Seus tamanhos variam de 0,01 a 0,3mm. Ocorre por toda a lâmina, mas predominantemente fica junto a biotita ou a muscovita, muitas vezes lado a lado com as mesmas.

Granada: em tamanhos que variam de 0,125 a 4,5mm. Ocorrem na cor cinza, são subédricas a anédricas, apresentam inclusões (de opacos, quartzo, biotita). Distribuem-se aleatoriamente e não apresentam alteração.

Apatita: varia de 0,2 a 0,45 mm, aproximadamente. São grãos subédricos, podendo ser arredondados ou colunares. Distribuem-se aleatoriamente.

Epidoto (incluindo allanita): ocorrem em tamanhos de 0,005 a 0,15 mm. Por vezes forma halos na biotita. São anédricas, arredondadas, e se distribuem aleatoriamente.

Quartzo: são grãos pequenos (0,1mm, na maioria) compondo uma matriz. Há grãos maiores (0,125mm) e pouca graduação entre eles. Todos os grãos estão recristalizados e apresentam extinção ondulante.

Plagioclásio: grandes cristais de feldspato (9 mm) e outro menores (0,375mm) ocorrem na matriz de quartzo. Os plagioclásios não se apresentam deformados.

**Rocha:** paragnaisse.

**Protólito:** arenito quartzo-feldspático.

### **Van - 43**

**Descrição geral:** rocha com granulação fina, apresenta foliação difícil de se ver sob nicóis cruzados. Alterna bandas ricas em quartzo com bandas ricas em biotita.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, anfibólio cálcico: 20%, microclina: 17%, plagioclásio: 11%, biotita: 11%, titanita: 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Quartzo: grãos médios a pequenos, anédricos, recristalizados, alongados paralelamente à foliação; distribuição em bandas. Algumas porções recristalizam com pontos triplos, retratando alta temperatura.

Biotita: grãos anédricos, pequenos, estreitos e alongados, nas cores de amarelo a marrom escuro, com bordos irregulares. Distribuem-se em bandas.

Plagioclásio: apresentam-se em grãos anédricos, em tamanho médio a pequeno, com pouca alteração. Predominam os grãos eqüiláteros.

Anfibólio cálcico: os grãos são finos, alongados, anédricos, de cor verde escura. Distribui-se predominantemente nas bandas com biotita, por vezes confundindo-se com a mesma.

Microclina: ocorre mal formada, recristalizada, em tamanho médio; alguns já foram grandes, antes da recristalização.

Titanita: ocorre em grãos pequenos, subédricos; sua distribuição predomina nas bandas máficas e podem ocorrer tanto em grupos quanto isoladas.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** monzogranito.

#### **Van – 44**

**Descrição geral:** amostra com granulação média, com leve alongamento dos grãos.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 36%, feldspato potássico: 32%, plagioclásio: 16%, biotita: 12%, anfibólio cálcico: 2%, minerais opacos: 1%, apatita: <1%, epidoto: <1%, allanita: <1%. Apatita + allanita + epidoto = 1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: os grãos ocorrem em cor laranja escuro a marrom bem escuro; a maioria é anédrica e alguns, subédricos. Ocorrem em tamanhos pequenos (0,2 a 1,4mm), raramente ocorrem grãos grandes. Desenha grosseiramente a foliação e os contatos são retos ou arredondados, às vezes irregulares.

Minerais opacos: são anédricos, ocorrem geralmente nos bordos das biotitas, sendo por vezes parcialmente inclusos. Seus tamanhos são 0,0125mm em geral. Os mais alongados, estreitos, podem chegar a 0,9 mm e geralmente estão distantes da biotita.

Apatita: ocorrem nos tamanhos de 0,06 a 0,5 mm, dentre os quais predominam as menores; são subédricas, distribuem-se isoladamente, não associada a nenhum mineral em particular. Algumas ocorrem alongadas.

Allanita: ocorrem nos tamanhos de 0,5 a 0,13mm. São anédricas, metamictizadas, pode ocorrer como núcleo de epidoto. A distribuição é aleatória.

Epidoto: ocorre em tamanho de 0,55, em média, anédricos, com distribuição aleatória. Não apresenta bordos irregulares, a não ser quando tem núcleo de allanita.

Anfibólio cálcico: ocorre em grãos anédricos, na maioria, mais raramente euédrica; ocorre nas cores de verde claro a verde escuro, em tamanhos de 0,18 a 0,40mm. Ocorre comumente próximo a biotita.

Quartzo: aproximadamente dois tamanhos de grão, com poucos grãos de tamanhos intermediários: 0,09 e 0,075 mm. O menor funciona como matriz na qual há quartzos maiores e os feldspatos, também maiores. Os menores têm extinção ondulante, os maiores não, todos estão recristalizados; não formam bandas.

Plagioclásio: apresenta-se em tamanhos variáveis, também com predomínio dos tamanhos 0,87 e 1,3mm. São grãos anédricos e se distribuem na matriz quartzosa de forma homogênea, sem formar bandas.

Microclina: a maioria se apresenta mal formadas, também há pertitas. Os tamanhos dos grãos variam de 0,1 a 4,5 mm, com valores variando em torno dos dois extremos, com poucos intermediários. São anédricos e se distribuem na matriz de quartzo, sem formar bandas.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** sienogranito.

#### **Van – 46**

**Descrição geral:** amostra com granulação grossa, foliação marcada por anfibólios, que formam grosseiras bandas escuras que alternam com bandas claras, igualmente grosseiras. Há grandes cristais que parecem indicar movimento dextral.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 32%, feldspato potássico: 27%, biotita: 17%, anfibólio cálcico: 10%, piroxênio: 7%, plagioclásio: 5%, apatita: 1%, epidoto: <1%, allanita: <1%, titanita: <1%. Para comparação: allanita ~ apatita < titanita < epidoto.

#### **Descrição dos minerais:**

Apatita: ocorrem nos tamanhos de 0,07 a 0,5mm, em grãos subédricos a euédricos e predominam nas porções máficas.

Allanita: ocorrem nos tamanhos de 4 a 0,05mm, grãos subédricas, predominantemente junto aos máficos. Podem ocorrer isolados ao aos pares.

Titanita: ocorrem nos tamanhos 0,05 a 1,87mm. São grãos anédricos, que se concentram nas porções máficas; podem ocorrer em grupos e mais raramente, geminados.

Epidoto: ocorrem nos tamanhos 0,03 a 0,45mm, em grãos anédricos, arredondados ou não, nas proximidades dos máficos. Sua distribuição não é homogênea; podem estar isolados ou mais ou menos agrupados junto às bandas máficas.

Quartzo: ocorre como grãos minúsculos formando matriz para grãos maiores de quartzo (estes de tamanho de 0,075 mm) e grandes cristais de feldspato.

Formam grosseiras bandas félsicas com feldspato. Há faixas estreitas e alongadas paralelamente à foliação, composta apenas por quartzo recristalizado e com extinção ondulante. Provavelmente originam-se de uma grão de quartzo que foi alongado na deformação, passando a fitas.

Biotita: originalmente de dimensões médias de 0,5 mm. Apresentam cor marrom avermelhada ou amarela clara a marrom dourado e ocorrem como grãos anédricos a subédricos que formam foliação, definindo bandas máficas.

Feldspato potássico: ocorre microclina bem formada em menor quantidade, são todos anédricos, em tamanhos que variam de 0,25 a 2,5mm, sem muitos grãos de tamanhos intermediários. Definem, juntamente com o quartzo e o plagioclásio, as bandas félsicas. Muitos dos grãos estão alongados.

Plagioclásio: ocorrem em grãos anédricos de tamanhos de 4,5 a 2mm, sem muitos grãos intermediários. Definem com quartzo e feldspato potássico as bandas félsicas e podem ser alongados.

Anfibólio cálcico: ocorre em grãos anédricos a subédricos, nas cores de verde claro a escuro, nos tamanho de 0,3 a 2mm. São alongados, definem foliação e se distribuem em bandas máficas, que são grosseiras devido aos cristais grandes, que resistiram melhor.

Piroxênio: anédrico, arredondado, verde claro, com fraturas, sempre nas bandas máficas e geralmente dentro dos grãos de anfibólio: um alterou para o outro. Formas arredondadas ou de sigmas. Ajuda a definir bandas máficas. Tamanho: 0,3 a 2,5 mm.

**Rocha:** *augen* gnaisse.

**Protólito:** sienogranito.

### **Van – 52 (orientada)**

**Descrição geral:** amostra com granulação bimodal: matriz fina de quartzo na qual estão grãos de plagioclásio e anfibólio, estes de tamanhos variando de pouco maiores do que quartzo a grandes cristais com formas sigmoidais. Anfibólio sofre alterações a partir de mineral verde cuja granulação varia de pouco maior que a da matriz a cristais grandes. Assim, a textura é inequigranular. A rocha apresenta foliação medianamente definida.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 40%, feldspato potássico: 26%, anfibólio: 20%, biotita: 7%, plagioclásio: 5%, apatita: <1%, zoizita: <1%, minerais opacos: <1%, allanita: <1%, titanita: <1%. Allanita < apatita ~ zoizita < minerais opacos ~ titanita < epidoto. Soma total: 2%.

**Descrição dos minerais:**

Zoizita: ocorre em grãos de 0,03 a 0,7mm, anédricos, nas cores verde muito claro a incolor; não há gradação de tamanhos, também pode ocorrer em grupos alongados. São encontrados próximos aos máficos e apresentam contatos retos em geral.

Plagioclásio: ocorrem em grãos de 0,75 a 0,175mm, anédricos; são encontrados dentro da matriz de quartzo e formam bandas félsicas mal definidas, com quartzo e feldspato potássico.

Allanita: ocorre nos tamanhos de 1,125 a 0,2mm, anédricas, algumas subédricas. Distribuem-se indistintamente entre os minerais máficos e félsicos.

Apatita: ocorrem nos tamanhos de 1,5 a 0,6mm, em grãos subédricos, isolados; distribuem-se indistintamente entre os minerais máficos e félsicos.

Biotita: os grãos se apresentam em tamanhos de 0,9 a 0,15mm, são anédricos a subédricos, de coloração amarelo claro a marrom escuro, alongados, definem foliação, compõem uma bandas máficas grosseiramente desenhada juntamente com os anfibólios.

Anfibólio calco-sódico, provavelmente hornblenda: variam de 0,2 a 8mm, são anédricos a subédricos, ocorem nas cores de verde amarelado claro a verde escuro e a verde azulado. Ocorre nas bandas máficas como grandes cristais em formas sigmoidais. Sofre alterações, aparentemente para tremolita – actinolita.

Quartzo: os grãos menores formam uma matriz microcristalina; os grãos maiores (de 0,1 mm), junto com plagioclásio e feldspato potássico, compõem bandas félsicas. Os grãos são anédricos, bastante recristalizados, com extinção ondulante.

Feldspato potássico: tamanhos de grãos médios (0,875 mm) a grandes (2,5 mm), simétricos. Forma, juntamente com quartzo e plagioclásio, as bandas félsicas. Há ortoclásio, microclina e muitas pertitas.

Minerais opacos: granulação grossa, de 0,375 a 1,25 mm, dentre os quais predominam os maiores; são anédricos, ocorrem na forma quadrangular ou amorfa; ocorrem preferencialmente junto aos máficos.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** sieno-granito.

**Van – 52 (não orientada)**

**Descrição geral:** amostra com grãos médios a grandes, todos definindo foliação. Alguns apresentam formas sigmoidais.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 31%, anfibólio: 28%, feldspato potássico: 26%, biotita: 6%, plagioclásio: 3%, titanita: 3%, apatita: 1%, epidoto e zoizita: <1%, allanita: 1%, minerais opacos: <1%. Ocorre biotita apenas como resultados de alteração do anfibólio. Minerais opacos < epidoto < apatita < titanita. Soma total: 5%.

**Descrição dos minerais:**

Anfibólio calco-sódico (provável hornblenda): grãos anédricos a subédricos; têm cor verde amarelada a verde bem escuro, por vezes azulado. Seu tamanho varia de aproximadamente 5 a 0,375mm, com média de 1,75mm. Alongados, desenham foliação e se distribuem em bandas que alternam com minerais félsicos. Divide a banda com os outros máficos. Biotita parece ser resultado de alteração da hornblenda, que também parece alterar, em parte, para tremolita.

Epidoto e zoizita: ocorre em grãos subédricos, junto aos máficos, em tamanho de grão de 0,23 mm. Podem ocorrer agrupados ou espalhados nos interstícios dos máficos; a maioria é zoizita e tem núcleo de allanita.

Apatita: ocorre em grãos pequenos a grandes, subédricos, predominantemente nas bandas máficas, esporadicamente nas félsicas. Os tamanho variam de 0,07 a 0,875mm.

Minerais opacos: são anédricos, ocorrem nos tamanhos de 0,1 a 0,55 mm, raramente de 2 mm; por vezes junto a allanita. Ocorre preferencialmente nas bandas máficas.

Titanita: são subédricas na maior parte, também há anédrica e euédrica. Seus tamanhos variam de 0,14 a 0,08 mm. As menores ocorrem em conjunto, em grupos alongados, contornando minerais máficos; os maiores, individualmente.

Allanita: são anédricas, a maioria é alongada e encontrada por entre os anfibólios, parecendo resultado de alteração do mesmo. O Tamanho dos grãos varia de 2 a 0,13 mm.

Quartzo: muitos tamanhos variados, de 0,1 a 2mm, aproximadamente. Está intensamente recristalizado e apresenta extinção ondulante. Grãos anédricos formam bandas félsicas juntamente com o plagioclásio e com feldspato potássico.

Microclina: os grãos são anédricos e ocorrem nos tamanhos de 0,825 a 4mm, aproximadamente. Apresentam extinção ondulante, alguns estão recristalizados, formam bandas félsicas com o quartzo e plagioclásio, alguns estão alongados paralelamente à foliação. Também há grandes pertitas (3-4 mm).

Plagioclásio: os grãos ocorrem em tamanho médio de 0,05 mm, são anédricos, não alongados, não recristalizados; forma banda félsica com quartzo e feldspato potássico.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** álcali-feldspato granito.

### **Van – 53**

**Descrição geral:** amostra com granulação média fina, com alguns grãos grandes. A foliação é bem definida e o bandamento, mal distribuído.

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 32%, plagioclásio: 28%, feldspato potássico: 27%, biotita: 7%, anfibólio cálcico: 3%, apatita: 1%, clinozoizita: ~1%, minerais opacos: <1%, titanita: < 1%. Minerais opacos ≤ titanita < apatita < clinozoizita. Soma total: 2%.

#### **Descrição dos minerais:**

Biotita: ocorre em tamanhos pequenos a grandes (1,87 a 0,25mm), com predominância dos médios (0,1mm). Apresenta-se na cor amarelo claro com pleocroísmo para marrom amarelado; são anédricos e subédricos e ocorrem alongados, formando foliação e bandamento.

Microclina: os grãos são anédricos e ocorrem nos tamanhos médios a grandes (1,34 a 4mm), predominando o primeiro. Forma bandas félsicas juntamente com quartzo e plagioclásio. Estão mal formadas, com extinção ondulante, muitas recristalizadas, muitas pertitizadas.

Plagioclásio: ocorrem nos tamanhos de 0,87 a 2mm, são anédricos, formam as bandas descritas acima, apresentam extinção ondulante.

Quartzo: ocorre em diversos tamanhos, que gradam de 0,012 a 2mm, mas ainda se distingue uma matriz quartzosa. São anédricos, estão recristalizados, com extinção ondulante e formam bandamento.

Anfibólio cálcico: ocorre em grãos de 1 cm a 0,37mm, havendo predomínio dos maiores. Ocorre nas cores verde amarelado claro a escuro, são subédricos, e a maioria é alongada, formando foliação e uma banda com biotita.

Apatita: ocorre em cristais grandes, de 0,55 a 0,13mm, são subédricas, distribui-se mais próximo aos minerais máficos.

Zoizita: ocorre nos tamanhos de 0,07 a 0,5mm, grãos anédricos a subédricos. Pode ter centro de allanita, pode ser alongada ou romboédrica. Também ocorre predominantemente próxima aos máficos.

Titanita: ocorre geralmente junto ao anfibólio cálcico, em tamanho médio.

Minerais opacos: grãos subédricos e anédricos, ocorrem sempre junto abiotita, em tamanho médio de 0,675 mm.

**Rocha:** ortognaisse.

**Protólito:** monzogranito.

#### **Van – 54**

**Descrição geral:** rocha foliada, porfirítica, bandada (bandas félsicas e máficas).

**Minerais e abundância relativa:** quartzo: 34%, feldspato potássico: 24%, plagioclásio: 14%, clinopiroxênio e anfibólio: 14%, biotita: 12%, epidoto: 1%, apatita: <1%, allanita <1%, titanita: <1%.

#### **Descrição dos minerais:**

Quartzo: muitos, pequenos e anédricos, com extinção ondulante, recristalizados, originalmente alongados, o que fornece orientação da deformação (as fitas de quartzo recristalizado implicam em alta deformação).

Apatita: são pequenas e subédricas, apresentam distribuição aleatória.

Biotita: apresenta-se em tamanhos de médio a grande, nas cores amarelo a marrom escuro, marcam direção da foliação, contornam os grandes grãos de feldspato. São anédricas a subédricas e se distribuem mais ou menos em bandas que se alternam com bandas ricas em quartzo.

Piroxênio (provavelmente augita): aparentemente um clinopiroxênio; há locais que alteram para anfibólio (possivelmente tremolita-actinolita). Ocorre na cor verde claro, seu tamanho varia de 0,025 até 1,875mm e está fraturado.

Anfibólio cálcico (provavelmente hornblenda): são grãos anédricos, alongados; surge como pequenas porções a partir do piroxênio, e ocorre nos tamanhos de 0,25 a 5,62mm, com contornos irregulares e inclusões de quartzo. Titanita ocorre junto a esses grãos.

Allanita: ocorre em grãos subédricos, alongado ou não, levemente zonado, pequenos, distribuem-se aleatoriamente.

Epidoto: anédrico, tamanho médio.

Titanita: ocorre em grãos grandes (1,4mm), anédricos, com geminação polissintética; encontra-se em grãos isolados, distribuindo-se aleatoriamente.

Feldspato potássico: são anédricos, muito pequenos, mas alguns ortoclásios são grandes. Podem ser reconhecidos pela leve alteração.

Plagioclásio: são anédricos, e alongados mais ou menos na direção de foliação.

ANEXO C

**Rocha:** granito cisalhado.

**Protólito:** monzogranito.

# **ANEXO D**

**ANÁLISES LITOGEOQUÍMICAS**

**Análises químicas dos metassedimentos estudados**

	<b>Amostra</b>	<b>SiO2</b>	<b>Al2O3</b>	<b>Fe2O3</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na2O</b>	<b>K2O</b>	<b>CaO</b>	<b>Al2O3</b>	<b>TiO2</b>	<b>P2O5</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	69.34	15.12	4.26	1.74	3.06	3.38	1.74	3.06	15.12	0.65	0.053
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	58.84	15.92	8.02	3.02	4.74	2.89	3.78	4.74	15.92	0.82	0.482
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	66.59	15.08	5.75	2.06	2.70	3.46	2.44	2.70	15.08	0.60	0.130
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	69.05	13.68	5.56	2.21	1.94	2.71	2.43	1.94	13.68	0.78	0.179
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	66.97	14.89	6.57	1.88	0.70	1.63	3.88	0.70	14.89	0.75	0.062
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	76.01	10.30	4.01	1.16	1.98	1.85	2.18	1.98	10.30	0.57	0.160
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	66.09	15.57	4.88	1.73	2.65	3.21	3.71	2.65	15.57	0.55	0.212
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	70.54	15.13	2.80	1.28	2.69	3.95	1.53	2.69	15.13	0.43	0.107
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	67.62	13.84	6.23	2.35	2.39	2.85	2.47	2.39	13.84	0.80	0.334
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	57.44	17.39	8.38	3.22	6.28	3.50	1.46	6.28	17.39	0.82	0.310
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	69.66	15.50	1.71	0.31	1.37	3.31	5.93	1.37	15.50	0.19	0.171
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	68.44	15.07	3.24	1.06	2.53	3.52	4.12	2.53	15.07	0.35	0.132
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	67.53	15.02	4.54	2.68	4.00	3.04	1.54	4.00	15.02	0.51	0.083
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	67.34	14.37	6.67	1.96	1.40	1.95	2.97	1.40	14.37	0.92	0.159
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	66.11	15.22	6.04	2.50	1.88	2.94	2.77	1.88	15.22	0.71	0.040
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	66.57	14.26	6.45	2.57	2.52	2.01	2.81	2.52	14.26	0.78	0.193

### Análises químicas dos metassedimentos estudados (continuação)

	<b>Amostra</b>	<b>MnO</b>	<b>Cr2O3</b>	<b>Ni</b>	<b>Sc</b>	<b>LOI</b>	<b>Sum</b>	<b>Ba</b>	<b>Be</b>	<b>Co</b>	<b>Th</b>	<b>Cs</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	0.07	0.007	24	9	0.4	99.81	566	1	56.1	17.0	0.4
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	0.12	<0.002	<20	15	1.0	99.65	1540	2	28.5	25.0	1.4
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	0.09	0.011	42	13	0.8	99.69	916	2	52.5	23.8	1.1
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	0.10	0.016	52	15	1.1	99.78	765	1	67.3	10.8	4.2
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	0.08	0.008	40	16	2.2	99.61	973	2	39.4	11.4	7.2
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	0.08	0.007	44	9	1.5	99.79	1073	2	65.2	14.5	3.6
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	0.07	0.006	<20,	12	1.0	99.67	1978	<1	96.9	9.1	0.6
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	0.05	0.005	<20,	6	1.3	99.80	630	2	74.9	8.8	4.1
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	0.14	0.013	54	16	0.8	99.82	503	2	55.0	11.7	3.7
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	0.15	0.012	36	26	0.8	99.76	677	1	33.0	1.8	0.7
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	0.04	0.002	40	3	0.7	98.90	6861	2	37.6	21.1	0.2
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	0.05	0.003	<20,	5	1.1	99.60	1957	5	56.2	7.6	0.9
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	0.08	0.019	48	13	0.8	99.83	514	1	67.5	1.9	1.0
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	0.16	0.014	65	17	1.8	99.76	992	2	30.6	10.9	6.9
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	0.13	0.015	54	18	1.4	99.73	1061	3	60.1	0.8	4.0
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	0.12	0.012	52	17	1.5	99.80	683	4	48.4	11.3	7.6

### Análises químicas dos metassedimentos estudados (continuação)

	<b>Amostra</b>	<b>Ga</b>	<b>Hf</b>	<b>Nb</b>	<b>Rb</b>	<b>Sn</b>	<b>Sr</b>	<b>Ta</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	19.9	3.5	7.5	59.1	<1	420.8	0.3	17.0	0.8	82	541.8
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	15.0	3.8	11.1	80.1	<1	666.8	0.7	25.0	2.1	66	113.7
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	18.3	7.1	8.6	92.5	<1	583.2	0.6	23.8	1.8	77	321.9
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	16.6	6.5	11.3	84.9	2	230.8	0.9	10.8	2.7	111	545.7
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	19.4	7.2	17.8	142.5	3	281.1	1.2	11.4	2.5	103	168.7
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	12.6	6.0	9.5	84.3	2	181.8	1.1	14.5	2.0	79	671.7
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	16.3	5.4,	7.3	71.3	<1	492.7	0.4	9.1	0.6	63	886.0
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	21.0	6.0,	5.5	51.5	2	394.1	0.4	8.8	2.1	37	806.7
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	15.7	6.4	11.0	77.9	2	183.2	0.9	11.7	3.3	132	489.9
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	20.4	3.4	7.9	49.0	<1	670.4	0.4	1.8	0.3	117	114.4
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	13.9	4.7	4.7	65.1		2203.0	0.3	21.1	1.6	<8	261.5
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	15.4	4.2	6.2	105.6	<1	649.8	0.5	7.6	0.6	23	450.9
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	14.3	3.6	6.3	51.4	<1	478.9	0.5	1.9	0.4	75	655.9
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	16.9	5.6	12.8	115.4	3	185.0	1.0	10.9	3.1	165	162.5
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	20.5	6.9	13.7	86.3	2	403.1	1.1	0.8	1.6	141	546.3
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	17.9	6.6	14.8	135.3	3	139.0	1.3	11.3	2.8	135	361.3, 2

**Análises químicas dos metassedimentos estudados (continuação)**

	<b>Amostra</b>	<b>Zr</b>	<b>Y</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	136.2	14.3	46.9	96.1	11.55	41.5	5.88	1.51	3.09	0.45	2.60
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	141.3	29.4	77.7	149.3	16.37	58.3	10.07	2.35	6.57	1.04	5.22
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	263.8	22.6	79.8	141.2	17.60	60.3	9.14	1.41	5.46	0.89	4.02
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	222.1	30.5	31.3	65.1	7.98	30.1	6.31	1.30	5.30	0.96	5.24
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	224.4	33.5	34.6	70.2	8.39	32.4	6.04	1.32	5.21	0.97	5.52
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	203.2	26.4	27.1	55.2	7.04	25.6	5.37	1.04	4.21	0.73	4.27
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	188.1	23.2	39.9	77.9	9.35	35.9	6.33	1.50	4.63	0.75	4.09
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	192.2	9.7	28.6	60.8	7.56	28.8	5.70	1.42	3.49	0.45	2.04
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	218.2	33.9	29.4	61.4	7.65	29.8	6.46	1.56	6.10	1.12	5.86
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	118.8	18.5	23.6	52.7	6.86	28.9	5.70	1.45	4.72	0.72	3.71
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	146.5	9.7	79.0	137.5	13.15	39.0	5.08	1.42	2.04	0.40	1.77
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	148.5	12.4	35.3	66.2	7.80	27.2	4.36	1.08	2.55	0.45	2.01
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	122.5	10.6	14.1	27.5	3.51	14.7	2.71	0.80	2.25	0.34	1.93
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	185.6	37.7	37.9	75.1	9.16	34.1	7.07	1.31	6.26	1.12	6.61
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	226.5	13.8	3.7	6.6	0.78	2.7	0.51	0.97	0.67	0.20	1.84
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	18.3	36.3	33.3	69.2	8.38	31.9	6.63	1.42	5.82	1.03	6.20

**Análises químicas dos metassedimentos estudados (continuação)**

	<b>Amostra</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>	<b>TOTAL C</b>	<b>TOTAL S</b>	<b>Mo</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	0.46	1.10	0.14	0.74	0.10	0.05	<0.02	0.3	15.1	1.3	66
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	0.94	2.75	0.44	2.74	0.41	0.13	<0.02	0.5	18.8	4.9	67
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	0.77	2.40	0.37	2.33	0.42	0.15	<0.02	0.6	22.3	2.6	77
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	1.03	3.10	0.50	2.92	0.48	0.07	<0.02	0.1	15.3	2.7	73
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	1.18	3.49	0.55	3.29	0.53	<0.02	<0.02	0.1	17.0	3.1	71
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	0.86	2.68	0.46	2.86	0.43	0.07	<0.02	0.3	17.9	5.0	53
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	0.81	2.39	0.40	2.45	0.39	0.23	<0.02	0.5	15.9	5.0	60
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	0.31	0.82	0.11	0.73	0.10	<0.02	<0.02	0.1	3.2	1.8	69
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	1.18	3.40	0.54	3.39	0.53	0.13	<0.02	<0.1	15.4	2.3	89
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	0.65	1.78	0.27	1.55	0.21	0.06	<0.02	0.3	8.2	2.4	51
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	0.33	0.90	0.13	0.84	0.16	0.04	<0.02	0.3	5.2	21.9	16
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	0.39	0.98	0.16	1.07	0.16	0.02	<0.02	0.2	7.4	3.8	52
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	0.36	0.99	0.17	1.02	0.16	<0.02	<0.02	0.1	28.1	0.8	61
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	1.30	3.92	0.58	3.66	0.55	0.24	<0.02	0.6	23.8	6.5	70
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	0.44	1.52	0.26	1.92	0.30	0.09	<0.02	0.8	23.8	7.5	92
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	1.24	3.75	0.63	3.99	0.61	0.18	<0.02	0.2	10.8	3.8	92

### Análises químicas dos metassedimentos estudados (continuação)

	<b>Amostra</b>	<b>Ni</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Sb</b>	<b>Bi</b>	<b>Ag</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Se</b>
<b>N</b>	<b>VAN-01</b>	21.0	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	<0.01	0.2	<0.5
<b>N</b>	<b>VAN-27</b>	8.2	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.5	<0.5
<b>N</b>	<b>VAN-62</b>	32.9	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.5	<0.5
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-39</b>	42.4	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.6	<0.01	0.4	<0.5
<b>Lim N-S</b>	<b>VAN-56</b>	27.6	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.5	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-37</b>	32.7	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.6	<0.01	0.5	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-40</b>	17.4	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.3	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-42</b>	19.4	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.01	0.3	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-49</b>	43.9	<0.5	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02,	0.4	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-50</b>	21.0	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.2	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-51</b>	9.1	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
<b>S</b>	<b>VAN-52B</b>	7.6	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.0	0.02	0.4	<0.5
<b>S</b>	<b>CIV-12</b>	41.0	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.03	0.3	<0.5
<b>S</b>	<b>CIV-54</b>	55.9	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	<0.01	0.7	<0.5
<b>S</b>	<b>CIV-66</b>	53.8	<0.5	<0.1	<0.1	0.2	0.1	<0.5	0.02	0.3	<0.5
<b>S</b>	<b>Van-102</b>	42.2	<0.5	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.6	<0.5

**Análises químicas dos ortognaisses estudados**

	<b>Amostra</b>	<b>SiO2</b>	<b>Al2O3</b>	<b>Fe2O3</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>K2O</b>	<b>Na2O</b>	<b>CaO</b>	<b>Al2O3</b>	<b>TiO2</b>	<b>P2O5</b>
<b>N</b>	<b>VAN-03</b>	66.42	15.48	5.67	1.78	2.54	3.03	3.45	2.54	15.48	0.55	0.103
<b>N</b>	<b>VAN-15</b>	65.31	16.77	3.65	1.08	2.08	4.23	4.27	2.08	16.77	0.47	0.171
<b>N</b>	<b>VAN-29</b>	58.44	16.49	7.99	3.12	4.23	3.74	2.97	4.23	16.49	0.84	0.471
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-43</b>	69.78	14.85	2.29	0.96	1.36	5.05	4.45	1.36	14.85	0.2	0.135
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-45</b>	69.95	15.47	1.79	0.48	1.44	4.67	4.74	1.44	15.47	0.22	0.094
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-58</b>	64.15	14.65	5.14	1.21	2.66	5.78	3.74	2.66	14.65	0.65	0.177
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-59</b>	66.04	15.61	3.3	0.63	1.96	5.79	4.39	1.96	15.61	0.41	0.129
<b>S</b>	<b>VAN-52A</b>	57.7	15.03	6.71	1.96	4.6	7.69	2.74	4.6	15.03	1.03	0.347
<b>S</b>	<b>VAN-53</b>	63.12	16.51	5.0	1.85	4.45	2.59	4.22	4.45	16.51	0.52	0.275
<b>S</b>	<b>CIV-30B</b>	71.68	14.32	3.42	0.73	2.61	2.1	4.02	2.61	14.32	0.27	0.113
<b>S</b>	<b>CIV-61</b>	71.09	15.55	0.79	0.27	1.4	5.31	3.99	1.4	15.55	0.11	0.049

	<b>Amostra</b>	<b>MnO</b>	<b>Cr2O3</b>	<b>Ni</b>	<b>Sc</b>	<b>LOI</b>	<b>Sum</b>	<b>Ba</b>	<b>Be</b>	<b>Co</b>	<b>Cs</b>	<b>Ga</b>
<b>N</b>	<b>VAN-03</b>	0.1	0.011	45.0	13	0.7	99.84	669	2	49.2	3.9	20.8
<b>N</b>	<b>VAN-15</b>	0.07	0.005	<20	9	0.8	98.9	5763	3	97.1	3.0	21.5
<b>N</b>	<b>VAN-29</b>	0.1	0.003	<20	15	1.3	99.67	1658	2	61.7	1.3	17.8
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-43</b>	0.07	0.008	28.0	6	0.2	99.36	3635	1	50.7	4.4	14.2
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-45</b>	0.05	<0.002	22.0	5	0.4	99.29	3597	3	96.1	1.1	19.1
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-58</b>	0.11	0.006	32.0	11	0.7	98.99	5243	4	60.2	1.9	18.9
<b>lim N-S</b>	<b>VAN-59</b>	0.07	0.003	45.0	6	0.6	98.94	5457	3	84.1	0.5	19.1
<b>S</b>	<b>VAN-52A</b>	0.13	0.002	<20.	15	1.1	99.04	5959	3	81.9	0.2	14.1
<b>S</b>	<b>VAN-53</b>	0.1	0.004	<20	9	1.0	99.64	1576	3	39.5	0.8	19.9
<b>S</b>	<b>CIV-30B</b>	0.09	0.002	<20	7	0.5	99.85	903	<1	70.9	0.8	15.1
<b>S</b>	<b>CIV-61</b>	0.02	<0.002	<20	2	0.7	99.26	4820	4	51.9	2.0	21.5

### Análises químicas dos ortognaisses estudados (continuação)

	Amostra	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr
N	VAN-03	5.5	10.7	145.9	1	308.1	0.9	16.4	3.0	77	389.9	177.5
N	VAN-15	7.4	14.1	128.0	<1	2706.0	0.9	18.7	2.2	40	981.3	270.7
N	VAN-29	4.7	13.8	90.1	<1	603.7	1.0	24.7	2.8	85	463.1	164.6
lim N-S	VAN-43	3.6	5.0	110.8	2	1183.0	<0.1	5.9	1.2	28	329.9	117.0
lim N-S	VAN-45	4.8	7.8	72.7	<1	1591.0	0.3	6.4	0.9	21	708.4	139.5
lim N-S	VAN-58	7.7	14.5	98.1		2272.0	0.9	8.7	1.2	38	356.4	313.8
lim N-S	VAN-59	7.7	13.5	85.2	1	2759.0	0.9	10.4	1.0	17	600.9	293.7
S	VAN-52A	6.6	17.4	145.4	2	970.3	1.2	6.7	1.7	53	445.4	253.5
S	VAN-53	3.3	5.1	72.9	<1	844.8	0.3	5.8	0.6	33	221.7	136.6
S	CIV-30B	3.0	4.1	57.1	1	284.4	0.4	2.9	0.3	21	790.9	95.6
S	CIV-61	4.8	6.3	92.0	<1	1578.0	0.2	14.8	2.1	<8	555.6	115.8

	Amostra	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
N	VAN-03	21.2	44.3	90.0	10.69	39.3	7.51	1.11	6.06	0.88	4.2	0.72
N	VAN-15	15.9	91.0	161.4	17.74	62.4	8.97	2.3	4.86	0.67	3.24	0.5
N	VAN-29	24.9	74.7	155.1	16.47	59.8	9.83	2.18	6.58	0.97	4.72	0.78
lim N-S	VAN-43	15.8	30.7	53.7	5.98	18.7	3.19	0.96	2.32	0.43	2.28	0.4
lim N-S	VAN-45	7.6	24.6	46.8	5.26	18.6	3.02	1.08	1.78	0.32	1.65	0.28
lim N-S	VAN-58	29.8	108.2	188.4	23.51	81.8	13.52	3.31	7.66	1.22	5.56	1.01
lim N-S	VAN-59	21.2	93.5	157.8	19.02	63.5	10.86	2.72	5.72	0.9	3.88	0.68
S	VAN-52A	24.4	54.2	119.8	16.22	58.4	9.63	2.55	5.72	0.97	4.48	0.8
S	VAN-53	10.8	49.0	76.8	9.02	29.4	4.49	1.74	2.64	0.41	1.91	0.34
S	CIV-30B	13.7	25.4	30.5	4.66	16.0	2.73	0.74	2.32	0.38	2.06	0.39
S	CIV-61	4.6	24.5	45.0	5.01	17.9	3.03	0.91	1.98	0.25	1.04	0.15

### Análises químicas dos ortognaisses estudados (continuação)

	Amostra	Er	Tm	Yb	Lu	TOTAL C	TOTAL S	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni
N	VAN-03	2.15	0.36	2.17	0.34	0.25	0.07	1.0	26.6	2.1	83	32.1
N	VAN-15	1.38	0.18	1.13	0.15	0.04	<0.02	0.3	4.5	9.5	77	14.1
N	VAN-29	2.31	0.34	2.19	0.32	0.08	<0.02	0.5	32.7	6.9	95	15.1
lim N-S	VAN-43	1.12	0.16	0.92	0.14	0.03	<0.02	0.3	2.9	26.7	33	35.2
lim N-S	VAN-45	0.7	0.1	0.55	0.08	0.03	<0.02	0.3	1.5	19.9	54	14.2
lim N-S	VAN-58	2.37	0.39	2.21	0.36	0.03	<0.02	0.7	10.9	23.8	61	15.7
lim N-S	VAN-59	1.84	0.24	1.54	0.26	0.04	<0.02	0.4	1.1	20.6	27	3.2
S	VAN-52A	2.14	0.27	1.79	0.26	0.03	<0.02	0.2	31.0	24.6	27	5.7
S	VAN-53	0.95	0.15	0.92	0.14	0.04	<0.02	0.3	13.7	3.0	61	9.1
S	CIV-30B	1.09	0.17	1.11	0.17	0.06	<0.02	0.5	4.9	0.7	51	6.4
S	CIV-61	0.32	0.03	0.29	0.04	0.04	<0.02	0.1	27.6	28.7	13	3.3

	Amostra	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
N	VAN-03	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	<0.01	0.7	<0.5
N	VAN-15	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	0.02	0.6	<0.5
N	VAN-29	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.01	0.4	<0.5
lim N-S	VAN-43	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.4	<0.5
lim N-S	VAN-45	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.3	<0.5
lim N-S	VAN-58	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.4	<0.5
lim N-S	VAN-59	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
S	VAN-52A	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1	<0.5
S	VAN-53	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.4	<0.5
S	CIV-30B	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.04	0.2	<0.5
S	CIV-61	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.5