



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS



Nivaldo Nery Rodrigues Neto

**“EVOLUÇÃO TECTONO-METAMÓRFICA DA COBERTURA DEFORMADA  
(QUARTZITO GARANHUNS) E DE SEU EMBASAMENTO DURANTE A  
OROGÊNESE BRASILEIRA DE UMA ÁREA A SE DA FOLHA VENTUROSA”**

Recife

2016

NIVALDO NERY RODRIGUES NETO

**“EVOLUÇÃO TECTONO-METAMÓRFICA DA COBERTURA DEFORMADA  
(QUARTZITO GARANHUNS) E DE SEU EMBASAMENTO DURANTE A  
OROGÊNESE BRASILEIRA DE UMA ÁREA A SE DA FOLHA VENTUROSA”**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências realizada no PPGEOC-Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.**

**Área de concentração:** Evolução crustal (Geologia estrutural, Petrologia Metamórfica e Geoquímica)

**Linha de pesquisa:** Evolução crustal (Geologia estrutural e geoquímica)

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup> José Maurício Rangel da Silva

**Coorientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ignez de Pinho Guimarães

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

R696e      Rodrigues Neto, Nivaldo Nery.

Evolução tectono-metamórfica da cobertura deformada (quartzito Garanhuns) e de seu embasamento durante a orogênese brasileira de uma área a se da folha venturosa / Nivaldo Nery Rodrigues Neto. - 2016.

101folhas.

Orientador(a): Prof. Dr. José Maurício Rangel da Silva.

Coorientador(a): Profa. Dra. Ignez de Pinho Guimarães.

Dissertação ( Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação Geociências, 2016.

Inclui Referências, Anexos e Apêndices.

1. Geociências. 2. Quartzito Garanhuns. 3. Eixo-c de quartzito.  
4. Feições morfológicas. 5. Domínio Pernambuco Alagoas. I. Silva,  
José Maurício Rangel da (Orientador). II. Guimarães, Ignez de Pinho  
(Coorientador). III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-382

NIVALDO NERY RODRIGUES NETO

**“EVOLUÇÃO TECTONO-METAMÓRFICA DA COBERTURA DEFORMADA  
(QUARTZITO GARANHUNS) E DE SEU EMBASAMENTO DURANTE A  
OROGÊNESE BRASILEIRA DE UMA ÁREA A SE DA FOLHA VENTUROSA”**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências realizada no PPGEOC-Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco. Requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências.**

**Área de concentração:** Geoquímica, Geofísica e Evolução Crustal.

**Linha de pesquisa:** Evolução crustal (Geologia estrutural, Petrologia Metamórfica e Geoquímica)

**Orientador:** Prof.<sup>o</sup>. Dr.<sup>o</sup> José Maurício Rangel da Silva

**Coorientadora:** Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Ignez de Pinho Guimarães

Aprovada em 28 de julho de 2016

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>o</sup>. Dr.<sup>o</sup> José Maurício Rangel da Silva

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Sergio Pacheco Neves

Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr.<sup>o</sup> Edilton José dos Santos

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Recife  
2016

Dedico à

minha mãe Fátima Rodrigues, meu filho Iuri

ao professo Maurício Rangel, e ao Mestre Jorg

que me ajudaram a manter-me “vivo” durante esse tempo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à Natureza. Agradeço aos meus familiares por me darem suporte por toda minha vida para chegar até aqui, ao professor Maurício Rangel por todo o aprendizado adquirido e que sem ele não seria possível a elaboração deste trabalho, a professora Ignez de Pinho Guimarães e a Sônia Maria Oliveira Augustinho da Silva. Aos irmãos da vida Olegario, Rodrigo Cândido, Cainã, Bruno Ximenes e aos irmãos da capoeira angola. Agradeço também à todos do DGEO (Departamento de Geologia da UFPE) pela convivência a ajuda e à FACEPE.

O que é mantido cheio não permanece até o fim  
O que é intencionalmente polido não é um tesouro eterno  
Uma sala cheia de ouro e jade é difícil de ser guardada  
Riqueza e nobreza somadas à  
arrogância  
Trazem para si a própria culpa  
Concluir o nome, terminar a obra, retirar o corpo  
Este é o Caminho do Céu  
(Lao Tse)

## RESUMO

O Domínio Pernambuco-Alagoas descrito originalmente como uma unidade tectônica do tipo “Maciço” e que mostraria uma organização litológico-estrutural simples (um embasamento granítico-migmatítico e rochas graníticas batolíticas neoproterozoicas), hoje através de trabalhos mais recentes mostra-se com uma geologia mais complexa, sendo subdividido em três subdomínios: o Sub-domínio Garanhuns com idade modelo TDM=1,7-2,6 Ga; o Sub-domínio Água Branca com idade modelo TDM=1,0-1,4 Ga e ; o Sub-domínio Palmares com idade modelo TDM=0,8-1,0 Ga. Foram objetos de estudo rochas do Sub-domínio Garanhuns, mais especificamente as relações entre as rochas supracrustais (quartzito Garanhuns) e o embasamento gnáissico-migmatítico (Complexo Rio Una) localizadas a SW da cidade de Garanhuns. O mapeamento e estudos complementares mostraram entre os dois complexos uma zona de cisalhamento de baixo ângulo. Visando entender o processo evolutivo que se deu no Sub-domínio especificado durante o processo orogênico brasileiro, estudos que incluíram petrotramas dos eixos-c e textura de cristais de quartzo, oriundos de amostras orientadas do “quartzito Garanhuns” e análises termobarométricas fizeram parte do desenvolvimento da pesquisa. Observou-se que a área de estudo foi submetida, durante o evento brasileiro, a condições metamórficas intermediárias entre o barroviano e o tipo baixo P/T, num regime compressional que incluiu o transporte do topo para NW na zona de cisalhamento existente entre o Complexo Cabrobó e o Complexo Rio Una. Tal cisalhamento parece referir-se mais a um descolamento local do que a um verdadeiro aloctonismo.

Palavras chave: Quartzito Garanhuns. Eixo-c de quartzo. Domínio Pernambuco Alagoas.



## ABSTRACT

Recent work show that the Pernambuco-Alagoas domain originally described as a tectonic unit of the "Massif" type show a simple lithologic-structural organization (a granite-migmatitic basement and granitic batoliths Neoproterozoic) have a geology more complex, being divided into three subdomains: Garanhuns older model TDM = 1.7 to 2.6 Ga; Água Branca model age TDM = 1.0-1.4 Ga and; Palmares model TDM = 0.8-1.0 Ga. Rocks were objects of study of the Sub-domain Garanhuns, specifically the relationship between supracrustals (quartzite Garanhuns) and gneissic basement migmatitic (Rio Una Complex) located SW of the city of Garanhuns. The mapping and complementary between the two studies showed complex a low angle shear zone. In order to understand the evolutionary process that took place in the Sub-domain specified during the orogenic process brasiliano, studies involving c-axis fabrics and quartz crystal texture, derived from oriented samples of "quartzite Garanhuns" and analysis termobarometrics were part of the development research. It was observed that the study area was subjected during brasiliano event, the intermediate metamorphic conditions between Barrovian and low type P/T, a compressional regimen which included the top of the transport NW in existing shear zone between Cabrobó Complex and the Rio Una Complex. Such shear seems to refer more to a local displacement than a real aloctonism.

Key words: Garanhuns quartzite. Quartz C-axes. Pernambuco-Alagoas Domain.

## SUMÁRIO

1.	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	10
2.	<b>INFORMAÇÕES GERAIS</b> .....	12
2.1	<b>LOCALIZAÇÃO</b> .....	12
2.2	<b>CLIMA</b> .....	13
2.3	<b>FISIOGRAFIA</b> .....	14
2.4	<b>GEOMORFOLOGIA</b> .....	15
2.5	<b>HIDROLOGIA</b> .....	15
2.6	<b>ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS</b> .....	15
3.	<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	17
3.1	<b>PROVÍNCIA DA BORBOREMA</b> .....	17
3.2	<b>DOMÍNIO PERNAMBUCO-ALAGOAS</b> .....	20
4.	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL</b> .....	22
4.1	<b>COMPLEXO RIO UNA</b> .....	22
4.2	<b>COMPLEXO CABROBÓ</b> .....	26
4.3	<b>MAGMATISMO NEOPROTEROZICO SIN-TRANSCORRENTE</b> .....	32
4.4	<b>MAGMATISMO NEOPROTEROZOICO PÓS-TRANSCORRÊNCIA</b> .....	33
5.	<b>GEOLOGIA ESTRUTURAL</b> .....	35
5.1	<b>COMPLEXO RIO UNA</b> .....	35
5.1.1	<b>Cisalhamentos de Baixo-ângulo</b> .....	38
5.2	<b>QUARTZITO GARANHUNS (COMPLEXO CABROBÓ)</b> .....	39
6.	<b>PETROGRAFIA E ESTUDO DE EIXOS-C DE QUARTZO DOS QUARTZITOS</b> .....	43
6.1	<b>PETROGRAFIA E TEXTURA</b> .....	43
7.	<b>ANÁLISE DE EIXOS-C DE QUARTZO</b> .....	48
8.	<b>QUÍMICA MINERAL</b> .....	55
8.1	<b>ANFIBÓLIO</b> .....	55
8.2	<b>BIOTITA</b> .....	56
8.3	<b>GRANADAS</b> .....	57
8.4	<b>PLAGIOCLÁSIO</b> .....	58
9.	<b>TERMOBAROMETRIA</b> .....	59
9.1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	59
9.2	<b>TÉCNICAS TERMOBAROMÉTRICAS</b> .....	60
9.2.1	<b>Termobarometria de Multirreação</b> .....	60
9.2.1.1	<b>Amostras do Afloramento PMN16</b> .....	60
9.2.1.2	<b>Amostra dos Afloramentos PMN 19 e 22A</b> .....	61
9.2.1.3	<b>Amostras do Afloramento 29 (PMN29 e PMN29.1)</b> .....	61
9.2.2	<b>Termobarometria Convencional</b> .....	63
10.	<b>DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	71
	<b>APÊNDICE A</b> .....	74
	<b>APÊNDICE B</b> .....	86
	<b>ANEXO A</b> .....	107

## 1. APRESENTAÇÃO

A área estudada está situada no Sub-domínio Garanhuns (Domínio Pernambuco-Alagoas), na parte sul da Província Borborema (Figura 3), no que seria o limite entre um arco magmático brasileiro e o embasamento paleoproterozoico adjacente.

Embora este domínio tenha sido descrito originalmente como uma unidade tectônica do tipo “Maciço” e que mostraria uma organização litológico-estrutural simples (um embasamento granítico-migmatítico e rochas graníticas batolíticas neoproterozoicas) os trabalhos mais recentes evidenciam uma geologia mais complexa.

Hoje as litologias reconhecidas englobam rochas total a parcialmente migmatizadas, fazendo então parte do mesmo: supracrustais de protólitos sedimentares e vulcanossedimentares metamorfizadas, ortognaisses, metaplutônicas mesoproterozoicas e rochas graníticas neoproterozoicas, sin, pós a tardi tectônicas de características geoquímicas distintas (segundo o texto explicativo da folha Venturosa). As rochas supracrustais são correlacionadas ao Complexo Cabrobó e os ortognaisses ortoderivados migmatizados são referenciados ao Complexo Rio Una.

Mapeamento isotópico com base em Nd, realizado por Silva Filho et al. (2002), permitiu separar o Domínio Pernambuco-Alagoas em três subdomínios: o Sub-domínio Garanhuns com idade modelo TDM=1,7-2,6 Ga; o Sub-domínio Água Branca com idade modelo TDM=1,0-1,4 Ga e ; o Sub-domínio Palmares com idade modelo TDM=0,8-1,0 Ga.

O Sub-domínio Garanhuns, no qual se insere a área de trabalho (Figura 2), limita-se à E com o Sub-domínio Palmares pela zona de cisalhamento Ribeirão-Palmares. Dados isotópicos de Nd sugerem que este último subdomínio tem pouca contribuição do paleoproterozoico, em contraste com as rochas colocadas à N da zona de cisalhamento aludida. A ocorrência de rochas ígneas e metaígneas apenas no Sub-domínio Palmares aponta para a ocorrência de um arco magmático relacionado a Orogênese Brasileira neste segmento crustal.

Desse modo, espera-se que o entendimento da evolução do embasamento paleoproterozoico do Sub-domínio Garanhuns e de seu envolvimento no processo orogênico brasileiro seja esclarecido através de análises e interpretação dos eixos-c de grãos de quartzo

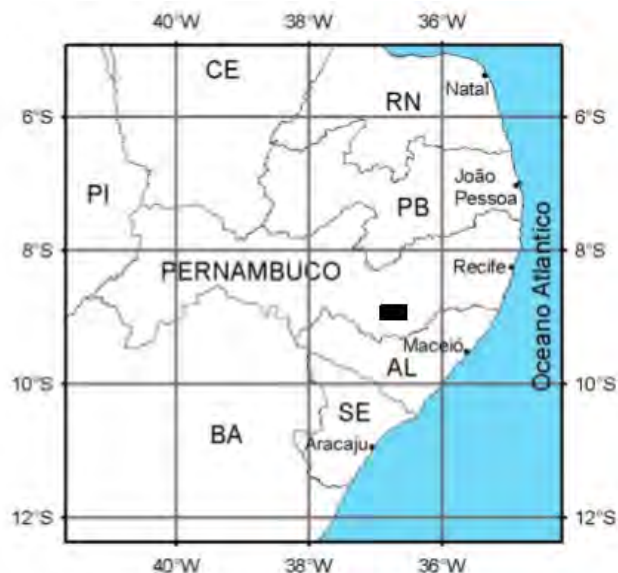
oriundos do quartzito Garanhuns (que faz contatos com o embasamento), de interpretações termobarométricas feitas através de dados obtidos por análises de química mineral em microsonda eletrônica, interpretações petrográficas e microestrutural.

## 2. INFORMAÇÕES GERAIS

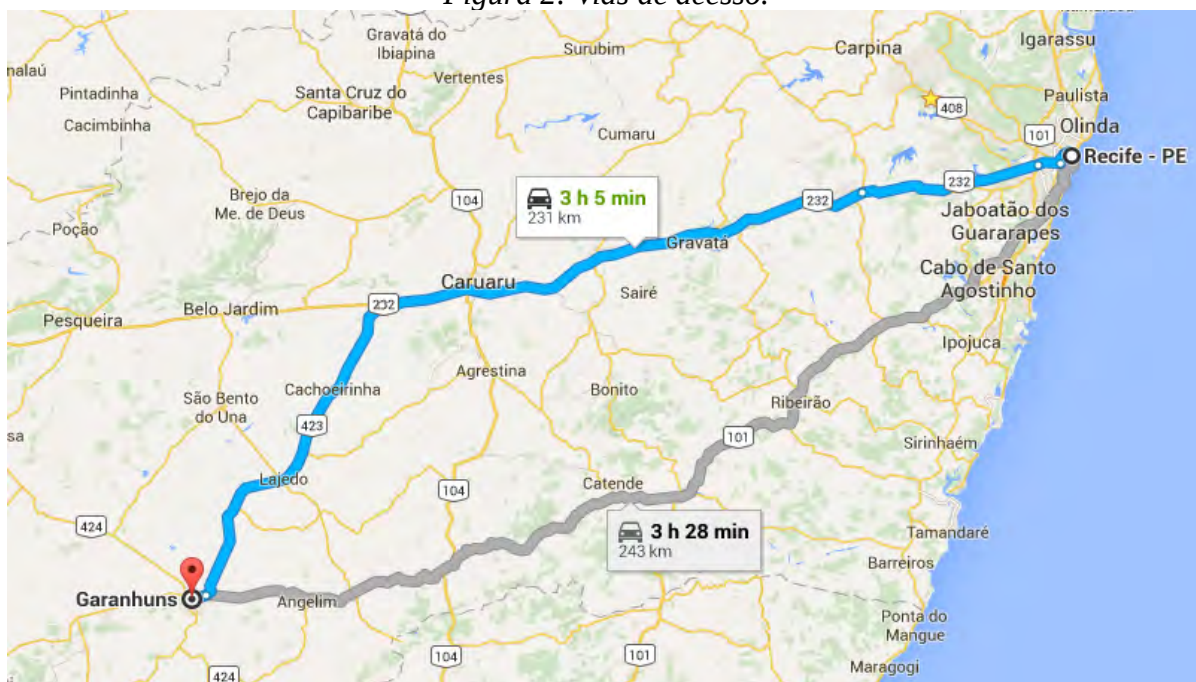
### 2.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está localizada em sua maior parte no centro sul da folha Venturosa (1:100.000) e um menor porção na parte centro norte da folha Arapiraca (1:250.000) limitada pelas coordenadas UTM (quadrante 24L) 9016000N e 899000N norte e sul respectivamente e 730000E e 774000E oeste e leste respectivamente com aproximadamente 1.150 km<sup>2</sup> (Figura 1 e ANEXO IV E V). Partindo de Recife o acesso à área se dá pela BR-232 até São Caetano, onde deve-se seguir pela BR-234 em direção à Garanhuns (Figura 2). A principal via que corta a região e dá acesso aos afloramentos, estando muitos presentes nas suas margens é a BR-423 (ANEXO V).

Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.



*Figura 2: Vias de acesso.*



## 2.2 CLIMA

A região abordada localiza-se no agreste, transição entre zona da mata e sertão. De acordo com a classificação de Koppen, ocorrem dois tipos de climas na folha Venturosa. Ocupando cerca de 80% da área, e abrangendo os municípios de Pedra, Iati, Águas Belas, Paranatama, Saloá, São Pedro, Venturosa, Alagoinha, Pesqueira, São Bento do Una e Capoeiras, ocorre tipo As', quente e úmido, e chuvas de outono e inverno. A temperatura média anual é mais baixa, com máxima de 26 graus em janeiro ou fevereiro, média de 23 °C e mínima de 22 °C, coincidindo com as maiores precipitações.

Na parte oriental da folha, municípios de Capoeiras, Caetés, Paranatama, Saloá, Garanhuns e Lajedo, devido à influência de cotas entre 800m e 1.000m, e dentro do tipo de clima anterior, ocorre um micro clima, tipo Csa, meso-térmico úmido, com chuvas de inverno. A temperatura média anual é bem mais amena, em torno de 20oC, com máximas de 30 °C nos meses de novembro e dezembro e mínima entre 10°C e 14°C em julho e agosto.

As precipitações pluviométricas variam entre 500 e 1.100 mm por ano. O número de dias de chuva por ano varia de 70 a 130. A época de precipitação máxima varia de fevereiro – março - abril na parte ocidental da área, até maio - junho - julho na parte norte e na parte ocidental da mesma.

## 2.3 FISIOGRAFIA

A vegetação na folha Venturosa é diversificada e relacionada a duas regiões naturais, o agreste e a transição para o sertão, esta parte, na região oeste da área abordada.

Na parte oeste da folha, onde ocorre clima tipo As', a vegetação dominante é de caatinga, mais especificamente caatinga úmida. As principais espécies que ocorre associada a esse clima são baraúna, aroeira, catingueira, angico, cumarú, imburana de cambão, pereiro, juremapreta, craibeira, e pau-ferro. Existe extração dessas madeiras, ao longo dos séculos, para construção civil, de móveis, vigas e lenhas. O desmatamento da caatinga tem gerado preocupação e o IBAMA é o organismo responsável pelo controle dessa extração. Em várias áreas se observa uma degradação ambiental, com relação a essa extração, principalmente próximo ao relevo acidentado que caracteriza a passagem entre a Superfície Sul-Americana e a Superfície Sertaneja.

Na parte leste da folha estudada ocorre vegetação mais típica do agreste. O desmatamento nessa parte foi quase que total, para implantação de empreendimentos agrícolas, como plantações de café, mandioca, ou para a pecuária. Os solos dessa região são pobres em ferro e em magnésio, e bastante ácidos. A vegetação nativa era constituída por maçaranduba, pau d'arco roxo, pereiro brabo, jucá, jatobá, mameluco, pau d'alho, jiquiri, pau santo e cedro.

No extremo sudeste da folha, entre a Serra do Angico e Garanhuns ocorre área que já teve cobertura de Mata de Altitude, também denominada como Brejo. Esse tipo de mata se assemelha em parte à Mata Atlântica, e em parte às matas da região sudeste do Brasil. Ocorre nesse tipo de mata as espécies camaçari, sucupira mirim, oiticica, cumarú, sucupira açú, maçaranduba, pau d'arco roxo, louro, e outras.

## 2.4 GEOMORFOLOGIA

O relevo da parte oriental da folha Venturosa, área de estudo, faz parte da Superfície pós - Gondwânica de King (1956), com cotas entre em torno de 1.000m. Localiza-se em torno da cidade de Garanhuns, e as cotas atingem até 1.100m. Constitui um relevo aplainado, refletindo em parte a estruturação das rochas, onde ocorre com muita frequência foliações de baixo ângulo. Destacam-se na paisagem várias elevações com encostas íngremes, representadas por intrusões graníticas, comuns nessa área.

Também faz parte do relevo da parte oriental da folha, a Superfície Sul-Americana, caracterizada por cotas em torno de 900m, constituindo uma área pediplanizada. Ocupa cerca de 50% da área abordada. Os topos correspondem às intrusões graníticas neoproterozoicas, enquanto as áreas mais arrasadas a migmatitos mais antigos. À época da sua formação essa superfície deve ter se elevado a cerca de 3.000m de altitude.

## 2.5 HIDROLOGIA

Na folha Venturosa ocorre a bacias do Rio Ipanema, afluente do Rio São Francisco, e a bacia do Rio Una, que corre diretamente para o oceano Atlântico. A hidrologia da área de estudo é marcada pela drenagem formada pela percolação de água nas encostas das serras e montanhas que alimentam os rios e riachos da área aos quais são em sua totalidade intermitentes.

## 2.6 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A região faz parte do Agreste Meridional, localizada na mesorregião do Agreste Pernambucano, a qual possui uma área de 10.828,0 km<sup>2</sup>, representando 10,96% do território estadual. A Folha Venturosa inclui áreas de 14 municípios, se destacando entre eles Garanhuns e Pesqueira.



A maior e mais expressiva atividade econômica do Agreste Meridional é a pecuária de corte e leite. Não é por acaso que a região é conhecida como bacia leiteira do Estado, pois se destaca na produção artesanal, semi-invariante e industrial de laticínios.

Além da pecuária, a cultura de subsistência é desenvolvida na região, com o feijão, milho e mandioca; a cultura permanente, nas áreas do brejo, se destaca com o café e a fruticultura. A olericultura e a floricultura também representam algumas das atividades do Agreste Meridional.

Os recursos hídricos da região provêm das fontes existentes nos quartzitos da Unidade MP3Ca4, localizados na parte sul da folha, que fornecem água potável, engarrafada por algumas indústrias localizadas em Garanhuns. O potencial hídrico do restante da Folha Venturosa se resume a água captada de poços tubulares perfurados pela estatal EMATER.

### 3. GEOLOGIA REGIONAL

#### 3.1 PROVÍNCIA DA BORBOREMA

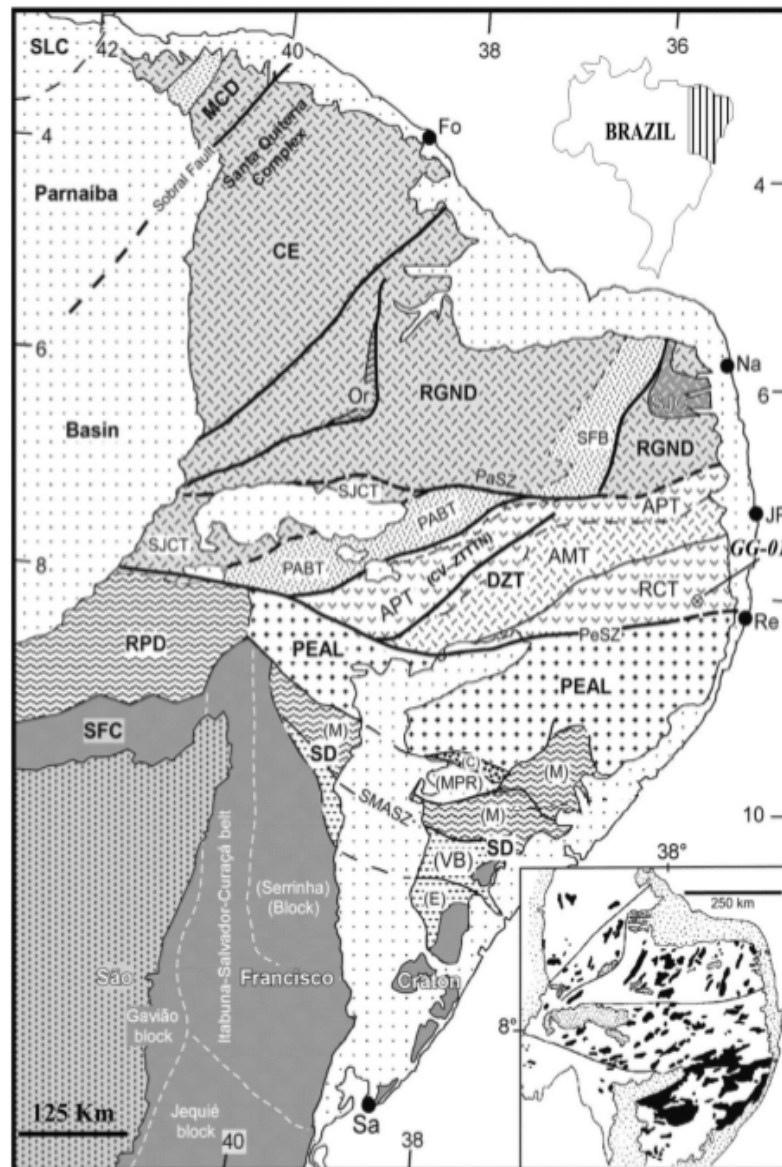
A Província Borborema, Almeida *et al.* (1981), está geograficamente localizada no nordeste brasileiro (Figura 3). Geologicamente compreende a região a norte do cráton do São Francisco-Congo, a sul do cráton São Luiz-Oeste Africano e a leste da bacia do Parnaíba ocupando uma área de aproximadamente 450.000 km<sup>2</sup>. Faz parte de um conjunto de províncias estruturais formado como consequência da convergência e colisão Arqueanas, dos crátons São Luís-Oeste Africano e São Francisco-Congo-Kasai, recobertos parcialmente por sedimentos fanerozoicos de bacias interiores e marginais do nordeste brasileiro.

Com evolução contínua, a província foi sujeita a várias superposições, resultado dos vários eventos evolutivos, um ciclo orogenético paleoproterozoico (Transamazônico - 2,35Ga, 2,15Ga e 2,0Ga) e outro ciclo Brasileiro/Pan-Africano no Neoproterozoico Superior (0,75-0,55 Ga), onde estabeleceu a atual configuração estrutural da Província Borborema.

Existe ainda um evento Meso-Neoproterozoico (Cariris Velhos – ~1,0Ga) sugerido por Brito Neves *et al.*, 1995, que se baseou em estudos utilizando métodos isotópicos (Rb-Sr, U-Pb e Sm-Nd) e revisando análises prévias (Rb-Sr e K-Ar). Os autores sugerem ter havido uma orogenia completa resultando numa colagem crustal evidenciada por litologias encontradas no centro do “terreno” Alto Pajeú (ortognaisses, metassedimentos e metavulcanoclásticas – Cinturão Cariris Velhos) no Domínio Central. Essa teoria foi discutida e supostamente confirmada por outros autores, por exemplo, Santos (2010) e Sales *et al.* (2011), porém, até então, os argumentos não foram suficientes para consolidar a ideia.

Contrapondo a teoria de uma história que envolve um ciclo orogenético completo com abertura de grandes mares durante o Toniano, Neves & Mariano (2004) e Neves *et al.* (2006, 2011) defendem uma história baseada numa evolução intracontinental, com consumo limitado de crosta oceânica. Essa teoria (evolução intracontinental) é fundamentada pelos autores supracitados através de dados de Sm-Nd e idade U-Pb comparando assembleias de zircões oriundas do Domínio Ceará e Rio Grande do Norte chegando a uma conclusão que por

apresentarem características similares e que ambos domínios tiveram sedimentações contemporâneas, não poderia haver grandes mares entre esses domínios, o que seria necessário para um ciclo orogenético. Eles ainda sugerem que por não encontrarem evidências isotópicas que indiquem uma contribuição de material da astenosfera (comum em orogêneses), mas sim com assinaturas fortemente negativas de  $\epsilon\text{Nd}$  sugerindo que esses exemplares (rochas dioríticas associadas à granitoides cálcio-alcálinos de alto potássio) enriquecidos de elementos incompatíveis através de metassomatismo provindo do manto, tenham sido originados de magmas formados por calor fornecido na litosfera. Neves & Mariano (2004) sugerem vários modelos possíveis para um evento térmico na crosta ao qual pode haver crescimento litosférico, contrapondo o modelo convencional de acreção orogenética continental.



Guimarães *et al.* (2012) na região supracitada (“Cinturão Cariris Velhos”), somados a revisões de dados prévios, datando zircões detríticos da região e analisando assinaturas geoquímicas das rochas metaígneas, puderam distinguir dois períodos extensionais para o domínio central (região do Cinturão Cariris Velhos), contrapondo a ideia de uma orogênese nessa época (Meso-Neoproterozóico). O primeiro evento ( $1091 \pm 13\text{Ma}$ ) onde foi aberta a bacia para a deposição da sequência sedimentar Riacho Gravatá seguida de intrusões e extrusões das rochas metaígneas (Ortognaisses Cariris Velhos); e um segundo evento extensional, mais recente ( $\sim 806\text{Ma}$ -Neoproterozóico), ao qual gerou a bacia de deposição da sequência metavulcanossedimentar São Caetano.

O fechamento dessas bacias ocorreu durante a deformação contracional brasileira (660-600Ma) que, com a evolução orogenética imprimiu a atual configuração estrutural na Província. A área de estudo está situada no Sub-domínio Garanhuns (Domínio Pernambuco-Alagoas), na parte sul da Província Borborema, no que seria o limite entre um arco magmático brasileiro e o embasamento paleoproterozoico adjacente.

### 3.2 DOMÍNIO PERNAMBUCO-ALAGOAS

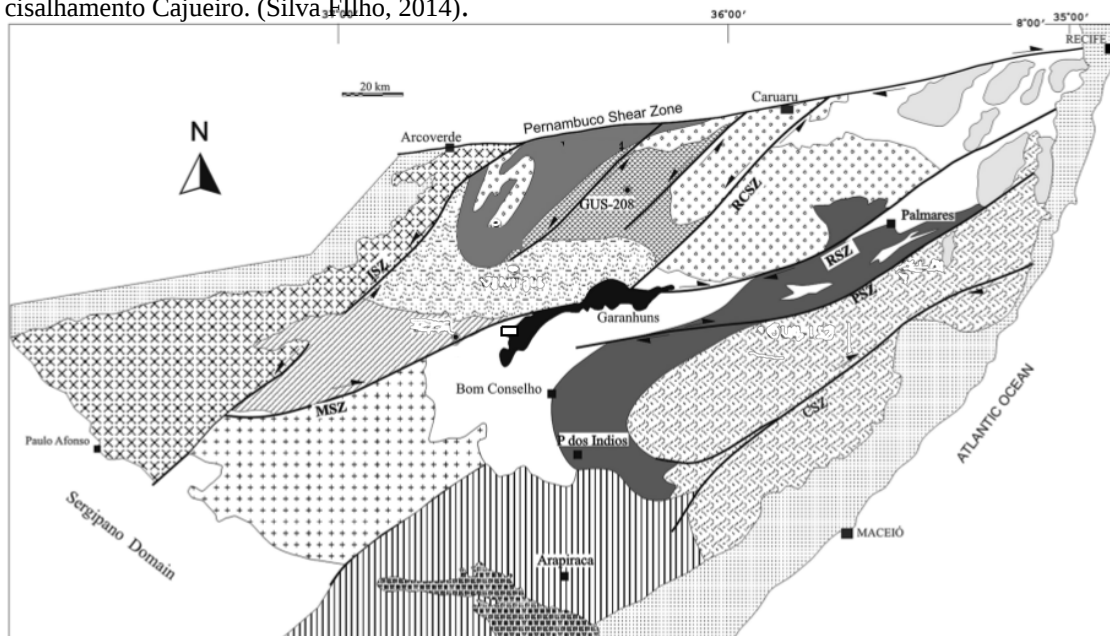
Inicialmente chamado de Maciço (Brito Neves *et. al.*, 1975), Terreno (Santos, 1995) e Complexo (Silva *et al.*, 2002), o Domínio Pernambuco-Alagoas (Silva *et. al.* 2008) abrange áreas dos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe e ocupa uma área de aproximadamente 70.000 km<sup>2</sup>. É limitado a Norte pelo Lineamento Pernambuco (Zona Transversal), a sul pelo Domínio Sergipano e está parcialmente recoberto por sedimentos fanerozoicos da Bacia do Jatobá dividido-o em dois segmentos, ocidental e oriental. Este último ocupa aproximadamente 75% de todo o domínio, sendo a região onde ocorrem os maiores batólitos graníticos da Província Borborema (Figura 4).

Silva *et. al.* (2013), baseados em dados isotópicos Sm-Nd somados a dados geológicos e também dados revisados sugeriram uma divisão do Domínio Pernambuco-Alagoas em três subdomínios: Subdomínio Palmares com idades modelo  $T_{DM}$  variando entre 0,90 e 1,48 Ga (apenas uma amostra com idade 1,48 Ga); Subdomínio Água Branca, que compreende rochas com idades modelo  $T_{DM}$  variando num intervalo de 1,02 a 1,70 Ga; e Subdomínio Garanhuns

que ocupa a parte norte do Domínio Pernambuco-Alagoas e apresenta idades modelo  $T_{DM}$  entre 1,41 e 2,53 Ga.

O Subdomínio Palmares é constituído pela sequência metassedimentar Palmares, granitóides nela intrudidos e o embasamento formado por ortognaisses neoproterozoicos, ortogneisse migmatizados que formam o embasamento, batólito Buique-Paulo Afonso e batólito Ipojuca-Atalaia; Subdomínio Água Branca compreende granitos e ortognaisses que pertencem ao Batólito Águas Belas-Canindé e a sequência supracrustal Inhapi; e Subdomínio Garanhuns o qual compreende rochas metassedimentares e metavulcânicas da sequência Rio Una, ortognaisses e granitos tardi-tectônicos e o batólito Ipojuca-Atalaia. Aqui são estudados dados colhidos em rochas pertencentes ao subdomínio Garanhuns.

Figura 4: Mapa Geológico simplificado do domínio PEAL mostrando a localização aproximada da área de estudo (retângulo a SW de Garanhuns e a N de Bom conselho). PSZ zona de cisalhamento Patos, MSZ zona de cisalhamento Maravilha, RSZ zona de cisalhamento Ribeirão, LSZ zona de cisalhamento Limitão, RCSZ zona de cisalhamento Rio da Chata, BMJSZ zona de cisalhamento Belo Monte Jeremoabo, ISZ zona de cisalhamento Itaíba, RSZ zona de cisalhamento Ribeirão, CSZ zona de cisalhamento Cajueiro. (Silva Filho, 2014).



#### 4. CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

A área de estudo encontra-se localizada (figura 4) no centro-sul da folha Venturosa (1:100.000), ocupando também uma pequena porção da parte norte da folha Arapiraca (1:250.000).

Situada no subdomínio Garanhuns a área engloba rochas do complexo Rio Una, entre as quais aparecem metassedimentos pelíticos e ortognaisses com composição cálcio-alkalina migmatizados, esta unidade compreende a maior parte da região estudada sendo interpretada como o embasamento das rochas metassedimentares do complexo Cabrobó; metassedimentos e migmatitos mesoproterozoicos, localizados na região central e nordeste e ainda magmatismo neoproterozoico cedo a sin colisional. No presente trabalho a nomenclatura estratigráfica segue os termos e organizações descritas na folha Venturosa.

##### 4.1 COMPLEXO RIO UNA

O complexo Rio Una (Silva Filho, 2014) está localizado no subdomínio Garanhuns fazendo contato, à norte, com a zona de cisalhamento Pernambuco. Compreende rochas metassedimentares, metavulcânicas e ortoderivadas compondo o embasamento. As rochas metassedimentares foram subdivididas em três unidades (Osako 2005; Silva Filho et al. 2007), sendo as rochas aqui estudadas representativas da unidade II. Esta unidade, datada através de grãos de zircão (Silva Filho, 2014) sugere ter uma idade de deposição tarde-a-médio neoproterozoica com proveniências variando em idades de 760 M.a. ao arqueano, comuns em rochas da província da Borborema.

Nos afloramentos descritos e associados a essa unidade foram registrados migmatitos metatexíticos cinzas a creme com leucossoma granítico, localmente granatífero. O mesossoma é rico em biotita e são observados porções decimétricas de metassedimentos os quais apresentam uma foliação reliquiar transposta por àquela representada pelo bandamento migmatítico (Foto 2). Esta, é concordante com as zonas de cisalhamento dextrais, aqui

interpretadas como sin-migmatização, com direção 270Az. Essas rochas são observadas adjacentes ao quartzito Garanhuns à oeste no afloramento PMN-04 nas margens da BR-423; à norte, no perfil partindo da BR-423 em direção à comunidade de Borracha são representativos os afloramentos PMN-05; 06; 07 e 08, que apresentam uma litologia semelhante à da região oeste, porém com a ocorrência de mica branca e cordierita com tamanhos variando em torno de 3cm. Cristais euédricos de anfibólio estão presentes, com tamanhos centimétrico dispersos no leucossoma. Nestas rochas os restitos metassedimentares são englobados por um leucossoma granítico, interpretado como uma fase tardia da migmatização quando comparado ao leucossoma quartzoso que encontra-se concordante com a “foliação” migmatítica. São comuns sistemas de dobras com a superfície axial subparalela às zonas de cisalhamento. Localmente, após a entrada da estrada que leva à comunidade de Borracha e localizados entre os metassedimentos do complexo Cabrobó e a suíte intrusiva Serrote dos Macacos, nos afloramentos PMN- 33; 34 localizados às margens da BR-423 no fim da descida da Serra do Olho D'água, são observados gnaisses ortoderivados apresentando cristais preservados de feldspatos, ora euédricos ora formando sigmoides, em meio a um mesossoma quartzofeldspático com bastante biotita e anfibólio. Mais ao sul, entre as cidades de Iati e Saloá, são encontrados afloramentos contendo rochas migmatíticas com partes preservadas de paragnaisse xistoso ocorrendo com granadas centimétricas. São comuns cristais de quartzo alongados, ora formando sigmoides ora fitas .

*Foto 1: Detalhe do ortognaisse.*





Nos gnaisses ortoderivados (foto 1) está impressa uma foliação de baixo ângulo bastante irregular, porém com predominância da direção NW-SE. Critérios cinemáticos evidenciados pelos cristais de feldspatos sigmoidais (fotos 3 e 4) e direção da vergência de dobras recumbentes indicam transporte tanto para sudeste como para noroeste, porém com predominância para NW confirmados também por outras evidências como análises de eixos-c de quartzo. O comportamento do transporte para quadrantes opostos foi interpretado como sendo resultado de várias sobreposições das gerações de deformações no embasamento.

*Foto 2: Detalhe do restito de paragneisse.*



*Foto 3: Ortogneisse apresentando critérios cinemáticos com predominância para NW. A seta indica o transporte*



*Foto 4: Ortognaisse apresentando critérios cinemáticos com predominância para NW.*



Litologicamente os protólitos dessa unidade seriam predominantemente sedimentar, se levarmos em conta a maior ocorrência de mesossomas de paragneisses. Na petrografia os paragneisses são caracterizados pela orientação dos cristais de biotita e muscovita, em grãos com tamanhos uniformes e cristais de granada bastante fraturados. A biotita ocorre em grande quantidade com pouca variação nos tamanhos e muscovita aparece em menor quantidade associada à biotita. Contém quartzo formando três padrões bem distintos indicando recristalização nas fases de deformação; 1 - um padrão com grão maiores e extinção ondulante mais forte; 2 - Cristais com tamanho intermediário apresentando bordas irregulares, tamanhos uniformes e em maior quantidade nas lâminas estudadas ( $\pm 50\%$ ); 3 - Cristais menores arredondados com contatos bem definidos às vezes formando agregados. Plagioclásio xenomórfico a subidiomórfico normalmente apresentando algum grau de alteração e inclusões de quartzo. Mais discretamente ocorrem microclinas subédricas com geminação polissintética bem característica. Apatita ocorre em pequenos grãos hexagonais a arredondados. Epidoto ocorre associado à biotita. Cristais de zircão subédricos dispersos são encontrados em pequenas quantidades.



## 4.2 COMPLEXO CABROBÓ

Esta unidade está caracterizada pelo quartzito Garanhuns intercalado por lentes de paragneisses e rochas calcissilicáticas granatíferas. Corresponde na área de estudo a uma região alongada com direção ENE-WSW com relevo bastante acidentado e altitude podendo chegar aos 1.000m. Predominam os quartzitos homogêneos que afloram em forma de grandes paredões ao longo da BR-423 (Foto 5) entre a entrada para Iati e Paranatama, pequenos cortes de estrada nas vias subordinadas à BR e ainda pequenos lajedos.

*Foto 5: Visão geral do afloramento PMN-38. Quartzito Garanhuns.*



Os quartzitos são normalmente homogêneos com coloração creme e marrom avermelhada e granulação variando de média a grossa. Estão presentes em sua maioria no centro da área de estudo e encontram-se no topo da sequência metassedimentar em contato com o embasamento. Essa litologia ocorre granatífera e intercalada com níveis feldspáticos (psamíticos) e micáceos (biotita e muscovita) formando uma foliação com direção preferencial NE-SW, centimétrica, mergulhando com baixo ângulo. Sistema de dobras suaves (com amplitude e comprimentos centimétricos) ocorrem com eixos axiais perpendiculares à lineação de estiramento mineral (quartzo e/ou feldspato e/ou micas), que apresenta caimentos suaves ora para NW ora para SE. Nesta unidade foram coletadas amostras orientadas para análise dos eixos “C” de quartzo.

Petrograficamente os quartzitos apresentam cristais de quartzo com padrões que evidenciam uma geração de cristais maiores, deformados e com bordas suturadas e contatos irregulares sugerindo transposição desses contatos. Extinção ondulante suave a bem incipiente são encontradas. Cristais de quartzo são comumente fraturados e subgrãos são comuns entre os contatos de cristais maiores como também formando aglomerados. Outra geração de cristais menores neoformados com contatos mais bem definidos e, em alguns casos angulares ( $120^\circ$ ), estão distribuídos regularmente na rocha. Biotita ocorre com pleocroísmo marrom claro/escuro e estão organizadas com os trends da clivagem paralelos, descrevendo uma orientação preferencial. Micas brancas também ocorrem, discretamente, associadas ou não às biotitas. Plagioclásios ocorrem em menor número normalmente fraturados e subédricos apresentando algum grau de sericitização. Cristais de apatita pseudo hexagonais a arredondados ocorrem em pequena quantidade distribuídos homogeneamente na rocha. Zircão ocorre subédrico disperso nas lâminas estudadas.

*Foto 6: Migmatito com leucossoma quartzo-feldspático apresentando restito metassedimentar.*



Migmatitos paraderivados (Foto 6) e rochas calcissilicáticas estão associados à esta unidade em forma de lentes. Os migmatitos são rochas comumente cinzas e granatíferas

(granadas com tamanhos de até 1,5 cm) apresentando leucossoma variando de composição ora graníticos ora quartzo-feldspático. Os bandamentos ocorrem normalmente nebulíticos porém é observada uma preferência que sugere uma foliação que juntamente com o bandamento gnáissico formam uma padrão NE-SW. Essas foliações tendem à uma verticalização ao aproximarmos da zona de cisalhamento Saloá, porém mantendo o comportamento NE-SW padronizado. Os paragneisses ocorrem preservados em meio a migmatização. Apresenta uma xistosidade proeminente e é rico em granada

*Foto 7: Paragneisse cinza granatífero com foliação subverticalizada associada à zona de cisalhamento Saloá.*



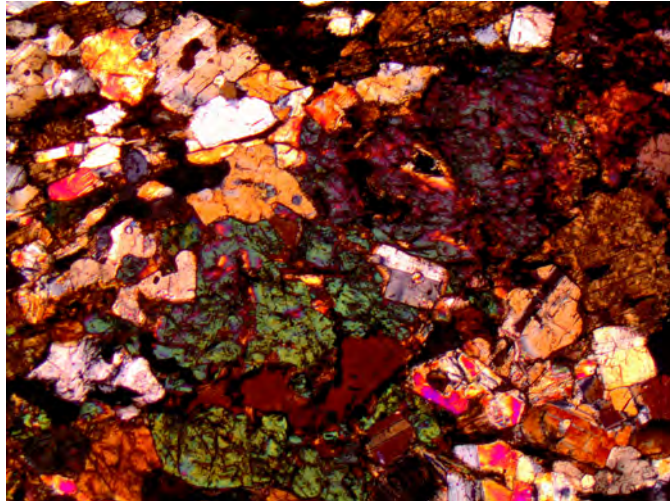
Microscopicamente amostras de paragneisses representativas desta unidade são caracterizadas pela textura granoblástica e homogeneidade quanto ao tamanho dos grãos. Apresentam orientação marcada pelos cristais de biotita e cristais alongados de quartzo. Contém quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, apatita, epidoto, diopsídio, zircão e opacos. Quartzo ocorre como fase predominante em forma de grão com tamanhos variados, comumente fraturados e extinção ondulante. Inclusões de apatita, biotita, opacos e zircão são observadas em cristais maiores. Cristais menores, recristalizados aparecem com contatos

côncavo/convexo às vezes angulares. O plagioclásio pode ser visto xenomórfico ou subdiomórfico, normalmente sericitizados, compondo zonas com textura predominantemente granoblastica formando agregados juntamente com quartzo. Em alguns cristais de plagioclásio são observados intercrescimento pertítico. Mais discretamente estão presentes feldspatos alcalinos xenomórfico e bastante alterados preservando geminação polissintética (microclina). Os cristais de biotita subdiomórficos, ocorrem em grandes quantidades, formando agregados de grão com tamanhos regulares e com os eixos de clivagem paralelos formando faixas lepidoblásticas. Pleocroísmo bem acentuado marrom/vermelho. São comuns inclusões de epidoto. Pequenas quantidades de muscovita estão associadas à biotita e ambas, pontualmente, encontram-se com seus eixos de clivagem “dobrados”. Em duas lâminas (PMN-16 e PMN-16A) confeccionadas a partir de amostras de paragneisses coletadas à sul da cidade de Iati foram observados cristais amorfos e apresentando algum grau de alteração de diopsídio. Epidoto está normalmente associados à biotita em forma de pequenos grãos. Opacos estão presentes em forma de agregados e normalmente associados à biotita. Nessa associação os cristais dos minerais opacos estão alongados paralelos à orientação preferencial vista na lâmina.

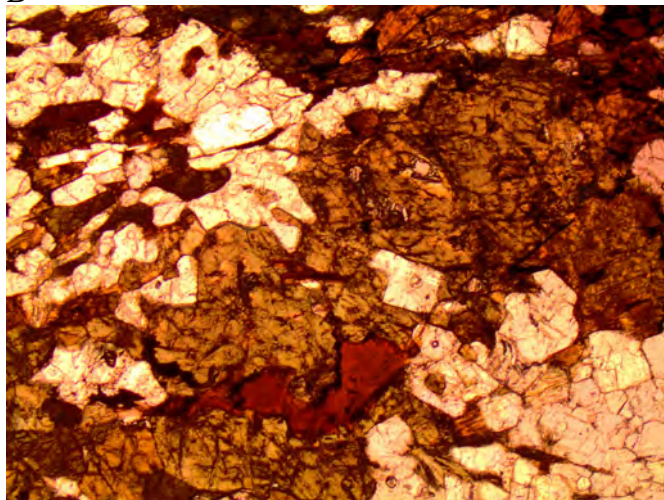


Foto 8: Fotomicrografia do metapelito com quartzo, plagioclásio, hornblenda, biotita e opacos. PMN-29. A-nicóis cruzados e B-nicóis paralelos.

*A*



*B*

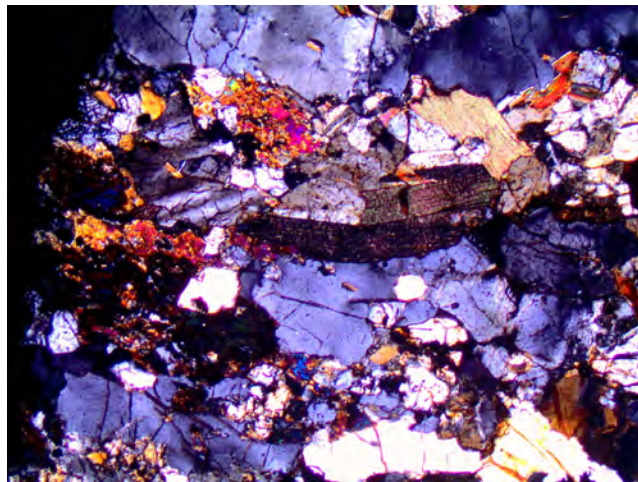


Na fácies migmatítica paraderivada estão presentes grão de quartzo, plagioclásio, piroxênio, hornblenda, granada, rutilo, apatita, opacos e zircão. Os cristais de quartzo encontram-se formando duas gerações: uma com grãos alongados possuindo uma extinção ondulante proeminente, formando subgrãos e apresentando inclusões de biotita; a outra

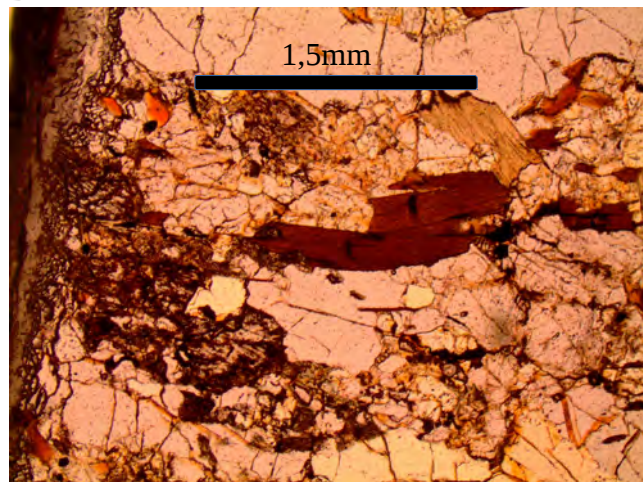
geração ocorre em forma de cristais recrystalizados formando agregados com contatos angulares, normalmente nas bordas dos cristais maiores e alongados. A biotita com grãos que variam pouco com relação aos tamanhos estão organizadas num padrão subparalelo com relação aos eixos de clivagem. Hornblenda idiomórfica a subdiomórfica com pleocroísmo verde acentuado estão em pequenas quantidades. Granadas são normalmente fraturadas com coloração rósea. Apatitas pseudo-hexagonais a arredondadas encontram-se dispersas. Epidoto xenomórfico são vistos discretamente geralmente associados (inclusos) à biotita. Pequenos cristais de zircão estão dispersos. Cristais de rutilo estão em quantidades discretas dispersos. Opacos estão ora dispersos ora associados à biotita.

*Foto 9: amostra PMN-16, oriunda de paragnaisse contendo quartzo, biotita, piroxênio, apatita e opacos. A - nicóis cruzados e B - nicóis paralelos.*

A



B





#### 4.3 MAGMATISMO NEOPROTEROZICO SIN-TRANSCORRENTE

Esta unidade está representada por rochas que seguem um padrão, em mapa, cortadas pelas zonas de cisalhamento encontradas à leste de Saloá evidenciando um comportamento intrusivo sin-transcorrência. São augen gnaisses a migmatitos cujo leucossoma apresenta coloração rósea e uma variação no grau de deformação, desde ortognaisses apresentando bandamento composicional quase sem deformação, com cristais de feldspatos primários dispersos em uma matriz com granulação média. O mesossoma é rico em biotita, anfibólios e plagioclásio. No afloramento PMN-14 à sul da cidade de Saloá aqui associada à suíte intrusiva Saloá, ocorrem enclaves dioríticos contendo bordas de reação com a encaixante (Foto 10). Xenólitos de quartzitos e paragnaisses granatíferos também são aí encontrados. Toda a litologia é cortada por intrusões pegmatíticas que cortam obliquamente as foliações. Estas foliações formadas pelo bandamento gnáissico seguem um padrão com direção NE-SW e cinemática sinistral, coerente com a proximidade da zona de cisalhamento Saloá, fato que evidencia uma cinemática transcorrente pós compressão. Na porção oriental da área, a sul da cidade de Garanhuns afloramentos representados por ortognaisses graníticos sendo intrudidos por diques graníticos sem deformação que se paralelizam às zonas de cisalhamento sinistrais com direção 110Az, sub-verticais, que aparecem sistematicamente.

*Foto 10: Enclave diorítico em migmatito com leucossoma sienogranítico e mesossoma rico em biotita e anfibólio.*



Em níveis microscópicos o mesossoma oriundo desta litologia apresenta-se inequigranular com textura granoblástica e uma presença marcante de minerais placosos (biotita e muscovita). Contém quartzo com contatos irregulares e recrystalizados, bastante fraturados; plagioclásio subédrico apresentando constantemente algum grau de alteração; feldspato potássico representado por grandes cristais às vezes zonados e apresentando um alinhamento dos cristais mais alongados paralelo à organização seguida pela biotita que apresenta pleocroísmo bem acentuado; a muscovita aparece em menor quantidade normalmente associada à biotita. Hornblenda, também em menor quantidade, ocorre subédrica com pleocroísmo verde claro/escuro e algum grau de alteração; apatitas arredondadas ocorrem discretamente dispersas; granadas pequenas e bastante fraturadas; epidoto com halo pleocróico associado à biotita; e opacos.

#### 4.4 MAGMATISMO NEOPROTEROZOICO PÓS-TRANSCORRÊNCIA

Na região centro-ocidental da área estudada, próximo ao contato com rochas da suíte intrusiva Serrote dos Macacos, entre a Serra do Limitão e a BR-423 são observadas rochas magmáticas apresentando uma leve foliação, aqui interpretada como sin-tectônica, que mostram duas fácies (Foto 11): uma com coloração cinza e granulação bastante fina com composição granítica a granodiorítica e outra rósea com textura pegmatítica apresentando contato brusco entre si. Estas rochas são interpretadas como: a facies cinza clara seria a borda da intrusão pós-colisional da suíte Serrote dos Macacos e a facies pegmatítica representaria a fase tardia da intrusão. Afloramentos de rochas leucocráticas com composição granítica contendo biotita, quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino intrudidas por pegmatitos foram descritos próximos ao contatos com o embasamento na região oeste da área de estudo contendo enclaves dioríticos.

*Foto 11: Contato brusco entre a rocha leucocrática à esquerda e rocha com coloração rosa à direita.*



## 5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Dois conjuntos litológicos fazem parte da análise da deformação: O embasamento gnáissico-migmatítico de idade paleoproterozóica que recebe nomes diversos (Complexo Rio Una entre outros) e a cobertura, que ocorre na área aflorando nas cidades de Garanhuns, Paranatama e Angelim, neste texto informalmente designada de “Quartzito Garanhuns”, mas mapeada na escala de 1:100.000 (convênio CPRM-UFPE) sob o nome de Complexo Cabrobó.

Inicia-se a discussão pelo complexo do embasamento e em seguida faz-se uma descrição das estruturas encontradas no Quartzito Garanhuns.

### 5.1 COMPLEXO RIO UNA

Migmatitos com graus variados de transformação dos mesossomas paragnáissicos e ortognaisses são as litologias pertencentes ao acervo da unidade. Mesossomas pouco transformados e em especial aqueles que apresentam bandamento possibilitam o exame da geometria e cinemática da deformação. Em geral, a postura é de ângulos altos a moderados, tanto a norte como a sul da cobertura quartzítica, sem localização preferencial na rede estereográfica, porém o número de medidas é pouco para outras considerações sobre orientação e variações dessa estrutura planar, e tanto é assim que não se anexou ao texto o estereograma respectivo.

Afloramentos situados a SE de Iati, registram dobras intrafoliais como “fantasmas” em migmatitos com abundância de leucossomas. Também a SE de Miracica repete-se a ocorrência de dobras intrafoliais ao bandamento, que ali, entretanto, estão mais preservadas. Nas duas ocorrências o mesmo está também deformado por cisalhamentos transcorrentes, sinistrais e dextrais com direções preferenciais N-S e E-W (95 a 120 Az). A transcorrência dextral tem mais consistência das direções.

Em linhas gerais, duas deformações superpostas são identificadas nos migmatitos e gnaisses do Complexo Rio Una, em contraste com o Quartzito Garanhuns, que praticamente só apresenta uma geração de estruturas, representadas por dobras intrafoliais recumbentes (Osako, 2002), não observadas neste estudo. Essa simplicidade deve ter levado os vários



autores que trabalharam na área a classificar o Quartzito Garanhuns como uma cobertura para o embasamento ou Complexo Rio Una.

*Foto 12: Trama C-S em leucogranito do embasamento. O transporte evidenciado é de topo para NW. A) foto geral do afloramento; B) detalhe.*

*A*



*B*





*Foto 13: Cisalhamento de baixo ângulo evidenciado por dobras e trama similar à C-S em gnaisses do embasamento. O transporte do topo é para 330 Az (direita da fotografia). A - foto geral do afloramento; B - detalhe.*

*A*



*B*



### 5.1.1 Cisalhamentos de Baixo-ângulo

Foram descritos nos migmatitos em locais distintos e através de critérios variados:

- Na estrada que liga a BR-423 à localidade de Borracha, próximo ao asfalto, tramas C-S em leucogranitos do embasamento suportam o transporte do topo para 310-330 Az.
- Próximo do arruado de Meladinho na estrada referida, a reorientação do bandamento gnáissico (que aqui é empinado), gera dobras e feições similares a tramas C-S, que de novo sugerem transporte do topo para 330 Az. Porém dobras com vergência para o quadrante oposto também estão presentes e colocam em dúvida essa interpretação.
- Muito próximo do local citado afloram quartzitos da cobertura com foliação e lineação de estiramento muito fortes (foto 15), de modo que nesse local a interpretação de uma zona de cisalhamento posicionada entre os dois conjuntos litológicos se impõe.
- Outro corte próximo, apresenta fraturas de extensão empinadas preenchidas por quartzo em rocha granítica granular e isotrópica, fraturas cuja orientação de novo indica transporte local com topo para 274 Az (foto 14).

*Foto 14: fraturas de extensão (circuladas em vermelho) em rocha granítica e empinadas cuja orientação sugere transporte do topo para 270 Az.*





*Foto 15: A foto mostra a forte lineação de estiramento encontrada no quartzito.*



O que se pode concluir a posteriori desses achados é de que uma zona de cisalhamento de baixo ângulo encontra-se situada entre o embasamento e a cobertura metassedimentar. Achados similares não foram encontrados no contato sul do quartzito. Então, o problema que está posto diz respeito a duas possibilidades: O Quartzito Garanhuns é uma cobertura alóctone (um klippe) ou seria uma cobertura autóctone que registra um evento de cisalhamento de baixo ângulo comum com seu embasamento.

## 5.2 QUARTZITO GARANHUNS (COMPLEXO CABROBÓ)

Quartzitos, micaxistos e calcissilicáticas são as litologias descritas na unidade. Parece que os quartzitos formam, em um corte longitudinal, uma calha ao longo de sua área de ocorrência, na qual estariam situadas as demais litologias.

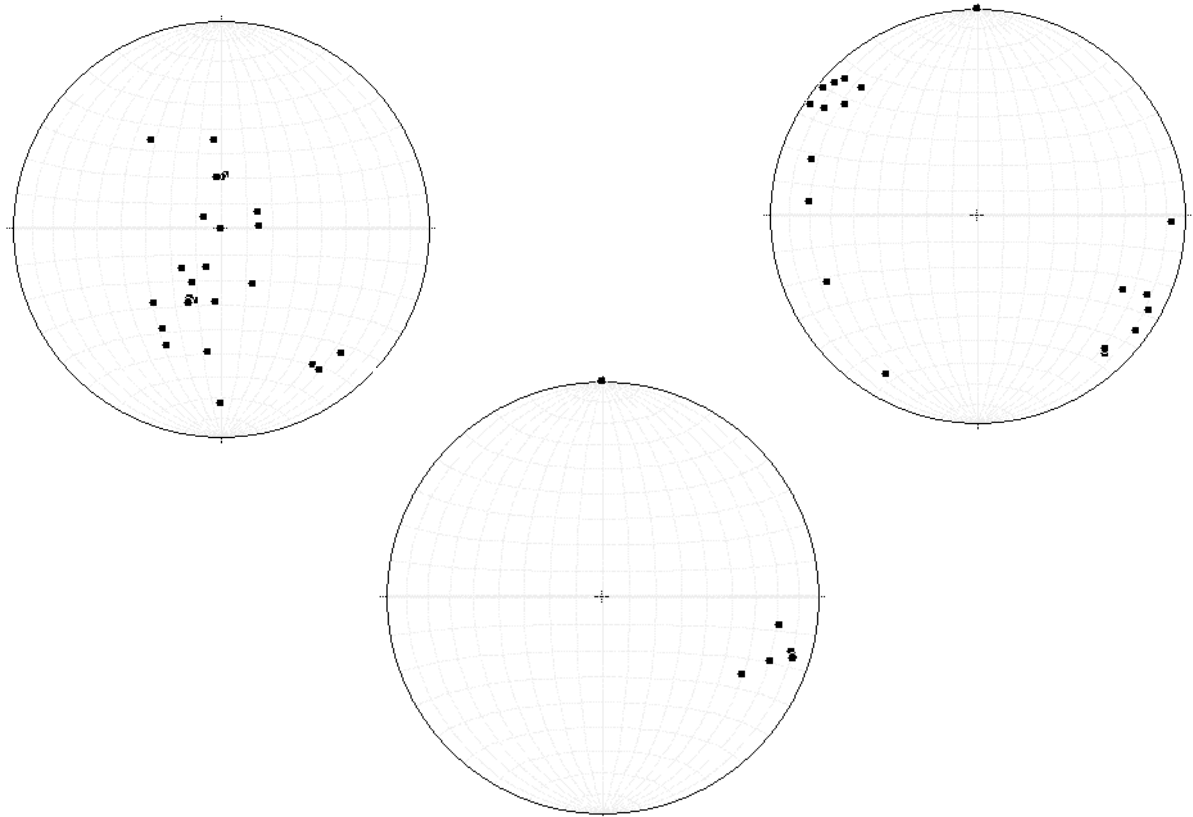
A deformação mostrada é simples, como já foi aludido antes: Bancos centídecimétricos ricos em quartzo alternam com filmes e bandas ricas em micas. Dobras abertas e ondulações empinadas com direção axial NW, bem como empinamentos locais do bandamento por conta de cisalhamentos mais jovens, foram as únicas estruturas observadas. A postura do bandamento em projeção estereográfica tende para posições intermediárias entre o centro e a periferia da rede, sem guirlandas claramente definidas. Já a lineação de estiramento,



sempre presente nas superfícies dos bancos, mostra direção preferencial ESE-WNW com baixos caimentos (Figura 5).

Peixes de mica raros e assimetria dos máximos em padrões de eixos-c de quartzo sugerem sempre transporte do topo para NW, que assim referenda os dados observados em campo, nos afloramentos situados próximos do contato entre o embasamento e a cobertura.

Figura 5: Projeções estereográficas de foliações e lineações de estiramento do Quartzito Garanhuns. Acima à esquerda os polos das foliações e acima à direita e abaixo são respectivamente da lineação de estiramento dos vários afloramentos e do afloramento da zona de cisalhamento localizada entre o quartzito e o embasamento.



Estabelecido que o quartzito Garanhuns constitui uma cobertura deformada para o Complexo Rio Una (seu embasamento), fica em aberto saber se os metassedimentos da cobertura constituem um elemento autóctone, paraautóctone ou alóctone, e se há evidências para o mapeamento de uma falha de empurrão entre as duas unidades.

Existem diferenças entre as situações que colocam os ortognaisses e migmatitos subjacentes em proximidade com as supracrustais deformadas:

Nos afloramentos que aparecem ao longo da BR-432 (aqui chamados de frente NW do quartzito Garanhuns ) não se veem as duas unidades em contato direto, exceto o trecho da

serra do Olho D'Água situado próximo da entrada para o povoado de Borracha (afloramentos PMN 32,33,34 e 35). Aí se mapeia uma zona de cisalhamento dúctil de baixo-ângulo, cujos indicadores cinemáticos no embasamento indicam transporte para NW. O quartzito sobrejacente apresenta no mesmo local bandamento e lineação de estiramento particularmente intensos, fenômeno que não se repete em outras ocorrências do quartzito. A petrografia das amostras, bem como, seus padrões de eixos-c de quartzo concordam com os dados de afloramento de gnaisses e migmatitos, de forma que cobertura deformada e embasamento registram uma zona de cisalhamento de baixo-ângulo dúctil que é comum aos dois referidos complexos litológico-estruturais.

Em outras situações, p. ex. na estrada que sai da BR-432 e demanda a cidade de Saloá e um pouco antes do Sundown Park, a unidade metassedimentar não é encontrada em contato direto com o embasamento e assim não é possível saber se uma zona de cisalhamento separa os dois conjuntos litológicos.

Já nos afloramentos da parte SE do quartzito, a exemplo d'aqueles que se mostram na estrada Saloá-Miracica, em nenhum deles se vê metassedimentos arenosos em contato imediato com os gnaisses e migmatitos do Complexo Rio Una. Tampouco se encontrou nesse trecho quaisquer características mostradas por zonas de cisalhamento dúctil, a saber: forte lineação de estiramento, bandamento secundário intenso e regular, critérios cinemáticos na forma de porfiroclastos  $\sigma$  ou peixes de mica etc.

Em outro perfil, p. ex. Iati-Quati, passa-se de quartzitos para rochas migmatíticas com abundante material leucossomático e postura subvertical do bandamento principal, sem que fosse possível observar esses tipos litológicos na mesma exposição. Em outro perfil de estrada, indo-se de Quati para Iatecá (localidade não alcançada e situada no alto da serra), atravessa-se do referido embasamento migmatítico com bastante material leucossomático para migmatitos sub-horizontais com abundantes mesossomas pelíticos e em seguida subindo-se ainda mais na topografia chega-se a um espesso pacote de xistos e/ ou gnaisses pelíticos não migmatizados também sub-horizontais. Esse último trecho, pois, atravessa a base dos metapelitos e seu contato com o embasamento, sem que se tenha observado qualquer zona de cisalhamento dúctil. Uma discordância angular entre as unidades fica então caracterizada entre as duas unidades. Mas as relações entre os quartzitos e os aludidos metapelitos são desconhecidas.

Por força da seriedade da científica, reconhece-se, entretanto, que a densidade de afloramentos nessa parte SE é pequena. A isso acresce-se que zonas de cisalhamento dúcteis, mesmo as mais importantes descritas pela literatura, podem ter poucos metros de espessura. Então, não se tem como descartar com certeza uma zona de cisalhamento dúctil que possa existir nesse trecho da área e localizada entre o quartzito Garanhuns e o Complexo Rio Una.

## 6. PETROGRAFIA E ESTUDO DE EIXOS-C DE QUARTZO DOS QUARTZITOS

### 6.1 PETROGRAFIA E TEXTURA

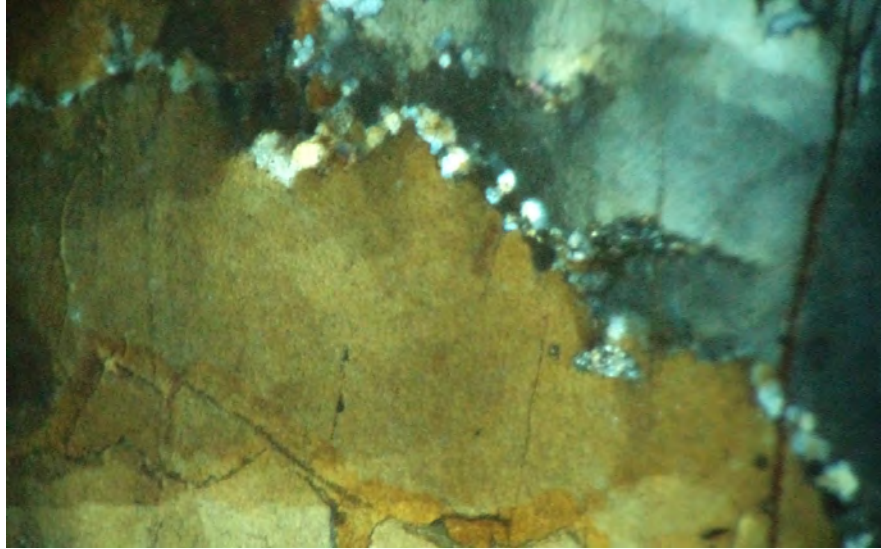
O constituinte majoritário dessas rochas, quartzo, totaliza em volume mais de 90 % das lâminas estudadas. Ao lado desse mineral, também aparecem biotita, mica branca, granada, opacos e plagioclásio. Este último mineral encontra-se constantemente transformado para sericita de forma parcial, quando então se reconhecem os geminados polissintéticos do tipo albita ou mesmo de forma total com aspecto translúcido e cor amarelada.

O quartzo aparece como grãos xenomórficos e com frequência em cristais  $\geq 5,0$  mm. São comuns os cristais transformados para subgrãos alongados que invadem todo o volume do grão (Foto 17). Em algumas amostras há dois sets de subgrãos alongados que parecem bissectar a foliação da rocha, que é definida não pelo alongamento de quartzo, mas sim pela orientação de palhetas de biotita, muscovita e plagioclásio, em geral como inclusões no quartzo, paralelamente ao bandamento das amostras. Muitos espécimes também mostram os cristais do referido mineral com limites suturados (suturas amplas) e orlas com recristalização para grãos de granulação muito fina, feições que sugerem recristalização moderada das rochas. Subgrãos quadráticos (Foto 18) evidenciam que parte da história da deformação se deu em temperaturas elevadas (650-750°C).

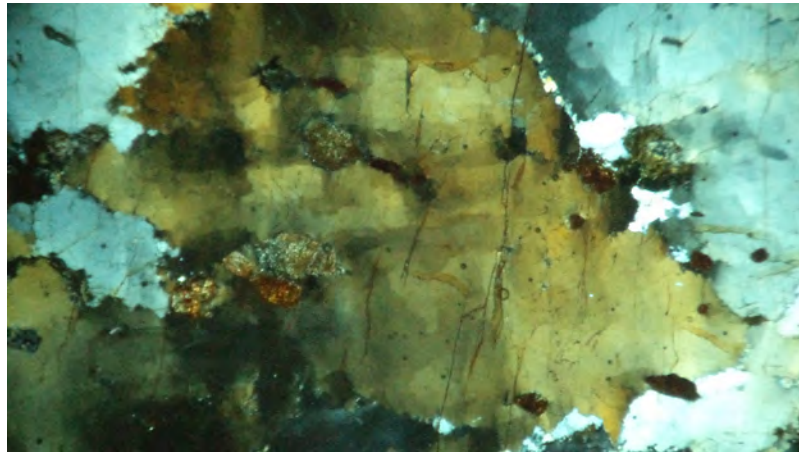
Fotos na página seguinte.

Fotos 16, 17 e 18: Cristal xenomórfico de quartzo apresentando recuperação através de subgrãos alongados e orla com pequenos cristais do mesmo mineral, sem qualquer deformação. A orla testemunha recristalização dinâmica por migração dos limites do grão. Amostra PMN-35.

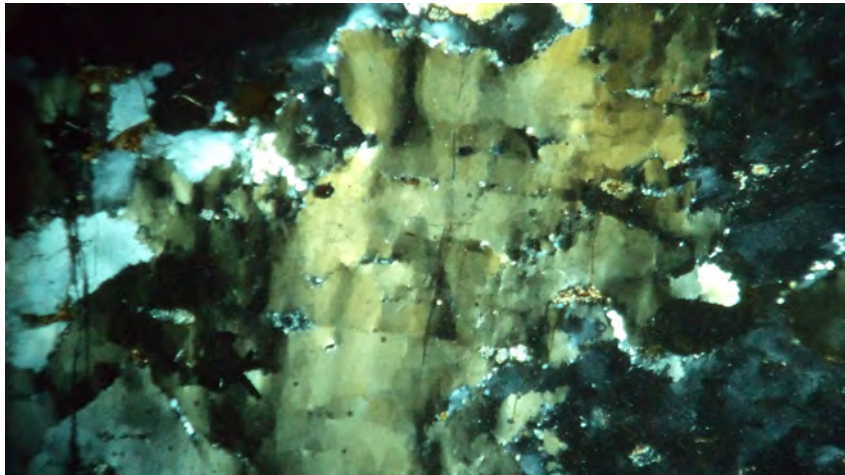
*Foto 16*



*Foto 17*



*Foto 18*



Fotos 19 e 20: Cristais losangulares isolados de biotita e pequeno peixe de mica (foto menor) na amostra PMN-32, que foi coletada na BR-432 (base do quartzito Garanhuns), proximidades da entrada para Borracha. À esquerda das fotos é o quadrante NW.

*Foto 19*



*Foto 20*



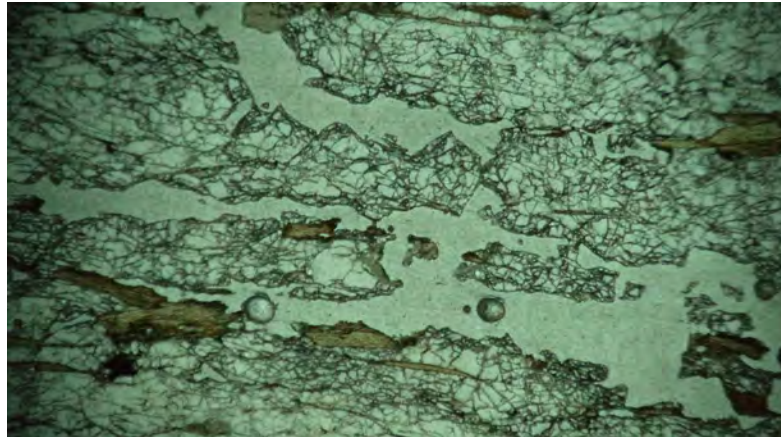
Na platina universal as medições feitas em subgrãos individuais de quartzo (muitos são alongados como já referido) dão padrões que devem refletir as características da deformação em termos de orientação e condições PT a que foram submetidas as rochas durante a formação e intensificação do bandamento principal. A ainda incipiente recrystalização evidencia que os grãos como um todo se apresentam ainda nos estágios iniciais da recuperação da deformação. Não foi possível medir os pequenos grãos recrystalizados das orlas de grãos maiores atulhados de subgrãos, mesmo com objetiva de grande aumento.

Crítérios cinemáticos não são comuns e restringem-se à ocorrência de cristais losangulares de biotita e de peixes de mica desse mineral. Os peixes de mica são pequenos e foram descritos na amostra PMN-32, coletada no quartzito altamente cisalhado que separa nas cercanias da entrada para o lugarejo de Borracha a cobertura quartzítica dos ortognaisses do Complexo Rio Una. Grãos losangulares aparecem na mesma amostra e também na PMN10, que se localiza em posição intermediária no empilhamento geométrico-estrutural da cobertura. Recrystalização periférica dos cristais losangulares de biotita para sericita é observada, fenômeno que corresponde à modesta recrystalização mostrada nas orlas dos cristais de quartzo. Os critérios cinemáticos apontam sempre para transporte do topo estrutural em direção a NW (310Az). As amostras situadas quase no topo do empilhamento geométrico-estrutural (ex. da lâmina PMN-OBS1) são dotadas de grãos de quartzo grandes e recrystalizados, bem formados e isentos de strain interno, tudo isso combinando com sua distância da zona de cisalhamento da base do pacote metassedimentar.



Fotos 21, 22: Subgrãos de quartzo do tipo tabuleiro de xadrez de quartzito da amostra PMN35. Esse tipo de textura sugere recuperação em temperaturas relativamente elevadas.

*Foto 21*



*Foto 22*

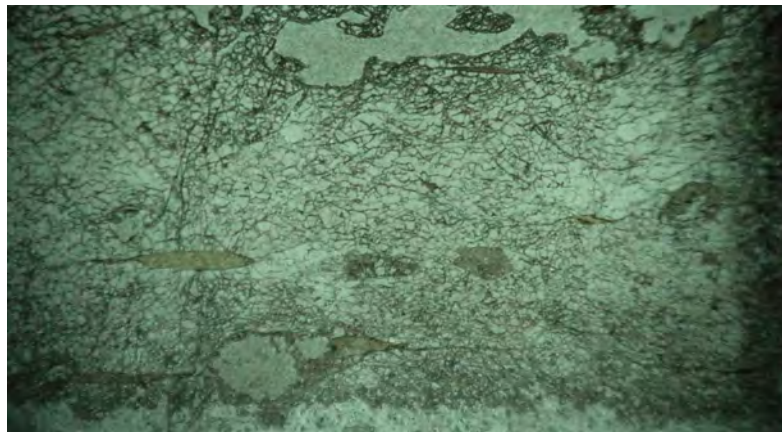
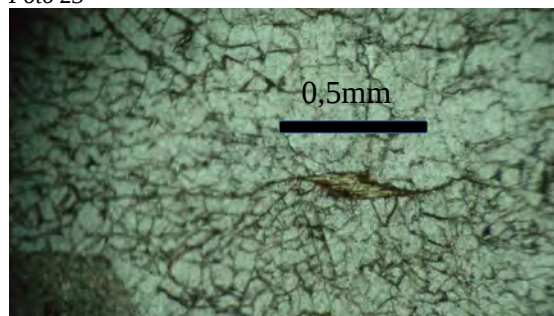


Foto 23 : detalhes de cristal isolado de biotita que exhibe recristalização para sericita na orla do cristal. O transporte do topo é para a parte esquerda das fotos (310Az).  
Amostra PMN-10.

*Foto 23*





## 7. ANÁLISE DE EIXOS-C DE QUARTZO

Aqui é pretendido abordar os aspectos relacionados aos petrotramas de eixos-c de quartzo, sendo estes uma ferramenta importante nos estudos estruturais. Tais dados foram obtidos dos quartzitos constituintes da cobertura metassedimentar da área estudada.

Ao deformar-se a rocha comumente desenvolve uma orientação preferencial das direções cristalográficas dos minerais que a constituem. O estudo das orientações cristalográficas preferenciais é de grande interesse para a geologia estrutural pois o petrotrama desenvolvido é relacionado: aos mecanismos da deformação; com a forma do elipsóide de deformação finita (oblato, prolato, deformação plana); e com o padrão da deformação ou arcabouço cinemático ao qual as rochas foram submetidas.

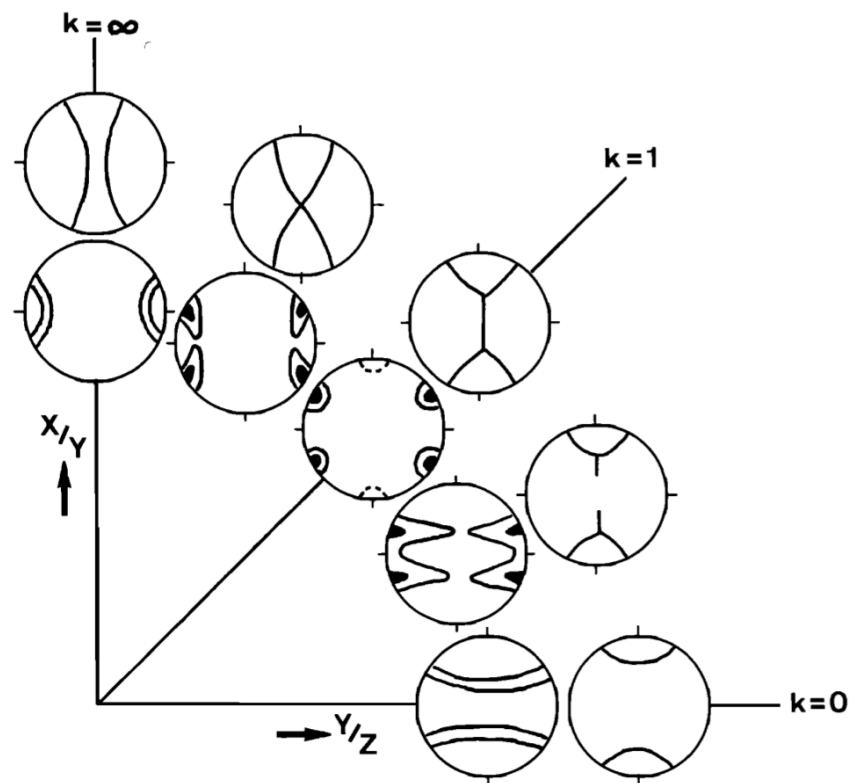
Schimid & Casey (1986) interpretando as distribuições dos polos dos eixo-c e eixos-a de quartzo definiram quatro padrões com características bem definidas: 1- guirlanda simples; 2- ponto máximo paralelo a intermediário ao eixo de deformação; 3 – guirlandas cruzadas, tipo I e II; e 4- guirlanda de pequenos círculos. As interpretações aqui apresentadas estão baseadas nos padrões sugeridos pelos autores supracitados.

As deformações impressas pela fase orogenética brasileira configuraram um padrão generalizado das falhas e zonas de cisalhamento na região foco do estudo cuja direção geral NE-SW, as quais afetou tanto o embasamento quanto às rochas supracrustais. Com a interpretação dos petrotramas constituídos pelas medidas dos eixos-c dos grãos de quartzo pretende-se evidenciar a relação que a cobertura metassedimentar possui com a fase orogenética definindo as condições inerentes a esta fase como a direção do esforço colisional (cinemática) e regime de deformação. As amostras foram coletadas dos quartzitos (quartzito Garanhuns) pertencentes à base do complexo Cabrobó e localizados à SW da cidade de Garanhuns.

Para o estudo dos petrotramas dos quartzitos foram necessárias a utilização de lâminas delgadas confeccionadas a partir de amostras orientadas. As medições de eixos-c foram realizadas em platina universal em cortes perpendiculares aos planos de foliação e paralelos às lineações de estiramento mineral. As medições dos eixos-c de quartzo foram medidas em platina universal de 5 eixos sendo contabilizados 130 a 150 eixos por lâmina. Tendo por causa

a granulação das rochas (média a grossa) e a formação de subgrãos, fenômeno extensivo e importante em todas as amostras, não foi possível alcançar mais de 150 medições em cada lâmina. Foram analisadas 6 lâminas.

Figura 6: Figura mostrando as características das principais figuras formadas pelos eixos-a e eixos-c esperadas para uma deformação coaxial para diferentes áreas do diagrama de Flinn.  $K=1$  corresponde a uma deformação plana,  $k>1$  constrição e  $K<1$  achatamento.



Na amostra PMN-01OBS foram medidos 150 eixos-c de grão de quartzo recristalizados, normalmente alongados e subgrãos. Essa amostra orientada foi coletada no poção central do quartzito próximo a uma “janela” da cobertura (porção basal do quartzito) evidenciada por blocos soltos do embasamento gnáissico. Ao petrotrama está associado um padrão que desenha um pequeno círculo quase centrado na direção do eixo Z do strain (figuras 6 e 7). Este padrão corresponde a valores de  $K<1$  (achatamento) onde ilustra um cisalhamento puro. Ainda no trabalho supracitado os autores correlacionam esse padrão com uma organização de deslissamento apresentando alta simetria ortorrômbica (prismática) e

baixa simetria com respeito aos romboédros (faces da pirâmide dos cristais de quartzo). A assimetria do máximo no interior do pequeno círculo sugere uma cinemática com transporte do topo da camada metassedimentar para 316Az.

Os valores medidos na amostra PMN-35 (150 medições) evidenciam um padrão de guirlanda simples assimétrica, caracterizada pelo aumento da componente rotacional da trajetória da deformação (Schmid & Casey, 1986; Fig. 14) caracterizada por um regime próximo ao cisalhamento simples. Porém, o petrotrama ainda sugere um regime de transição onde se pode identificar, de forma mais sutil, um padrão de guirlanda cruzada tipo I que se caracteriza pela tendência da formação de duas guirlandas sendo conectadas por uma guirlanda simples. Este petrotrama está representado por valores próximos de  $K=1$  (deformação plana). Segundo Price (1985) este padrão encontra-se num regime intermediário entre deformação por achatamento e deformação plana. A assimetria evidenciada pela organização da guirlanda sugere uma cinemática onde o topo foi transportado para 313Az.

Na amostra PMN-37 as medidas (150 medições) dos eixo-c de quartzo formam um padrão de guirlanda semelhante ao PMN-35 onde o regime de deformação encontra-se intermediário com valores aproximados entre  $K=1$  e  $K<1$ , num campo intermediário entre deformação por achatamento e plana com a componente de deformação plana (guirlandas cruzadas tipo I) sendo mais evidente no padrão formado pelas medidas dos eixos-c. A assimetria da guirlanda sugere um transporte do topo para 287Az.

A amostra PMN-10 esta caracterizada pelo padrão de guirlandas cruzadas tipo I (valores de  $K$  próximos de 1). Este padrão evidencia um regime de deformação não coaxial por achatamento. Schmid & Casey (1986) sugerem uma organização dos grãos onde é favorecido um deslissamento dos planos romboédricos positivos e negativos das faces piramidais dos cristais de quartzo. A assimetria do padrão formado pelas medidas dos eixos-c sugerem um transporte do topo para 310Az.

Foram feitas 138 medidas na amostra PMN-35B e o padrão identificado está correlacionado ao descrito em Schmid & Casey (1986) como sendo de ponto máximo paralelo ao eixo de deformação. Os autores correlacionam este padrão a uma organização preferencial que pode ser aproximada por dois cristais trigonais (faces romboédricas) de quartzo com seus eixos-c paralelos à direção Y, um na orientação positiva e outro na negativa (figura). Eles

ainda sugerem, associando o padrão obtido ao resultado de outros autores, que as estruturas das rochas são comuns àquelas submetidas a uma transformação sob um alto grau metamórfico. O padrão obtido aqui sugere uma suave transição entre o de ponto máximo e o de guirlanda simples levemente assimétrico com relação ao eixo de deformação. Essa pequena assimetria impossibilita uma interpretação sólida quanto à cinemática, porém sugere um leve transporte do topo para 313AZ.

Na amostra PMN-32 foram feitas 150 medidas de eixos-c nos grãos de quartzo. Assim como na amostra PMN-35B o padrão evidenciado foi associado àquele de ponto máximo paralelo ao eixo Y (eixo de deformação), porém pode-se observar que existe uma tendência na organização dos polos evidenciando segundo o padrão de guirlandas cruzadas tipo II assimétricas. Esse tipo de guirlanda caracteriza um regime de deformação típico de constrição (valores de  $K > 1$ ). A assimetria do eixo formado pelo padrão e o eixo de deformação (eixo Y) sugere uma cinemática de transporte do topo do pacote sedimentar para 292Az.

Figura 7: Aumento das componentes rotacionais de deformação e aumento da deformação de cisalhamento simples.

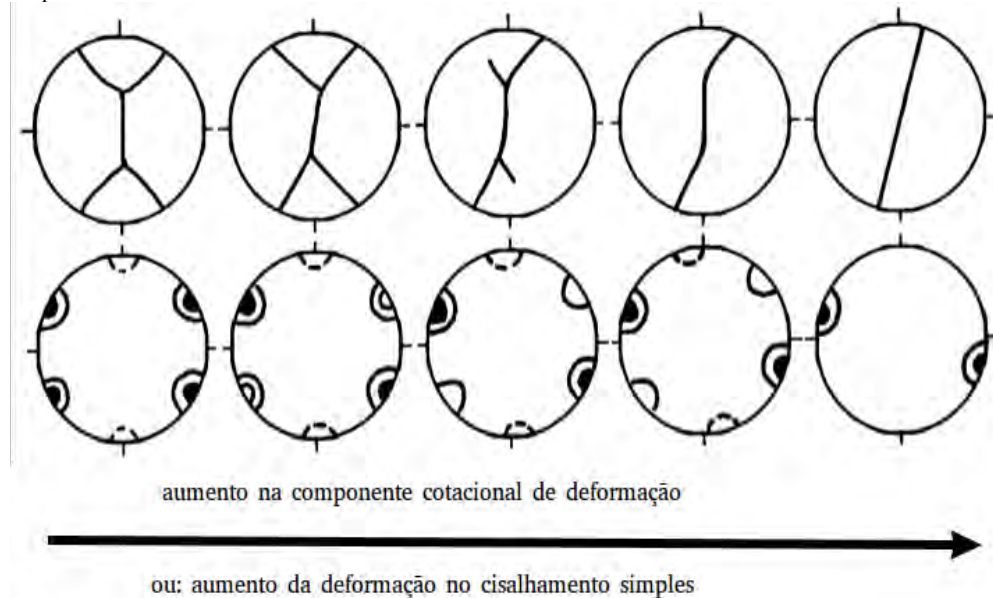


Diagrama 1: Petrotrama PMN-32

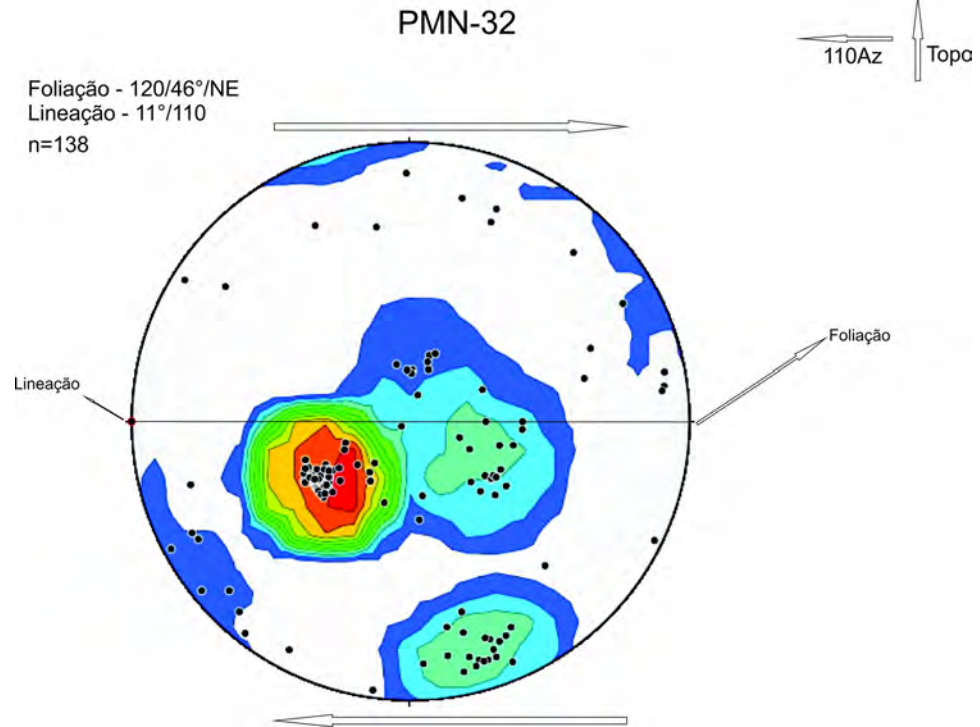


Diagrama 2: Petrotrama PMN-35B

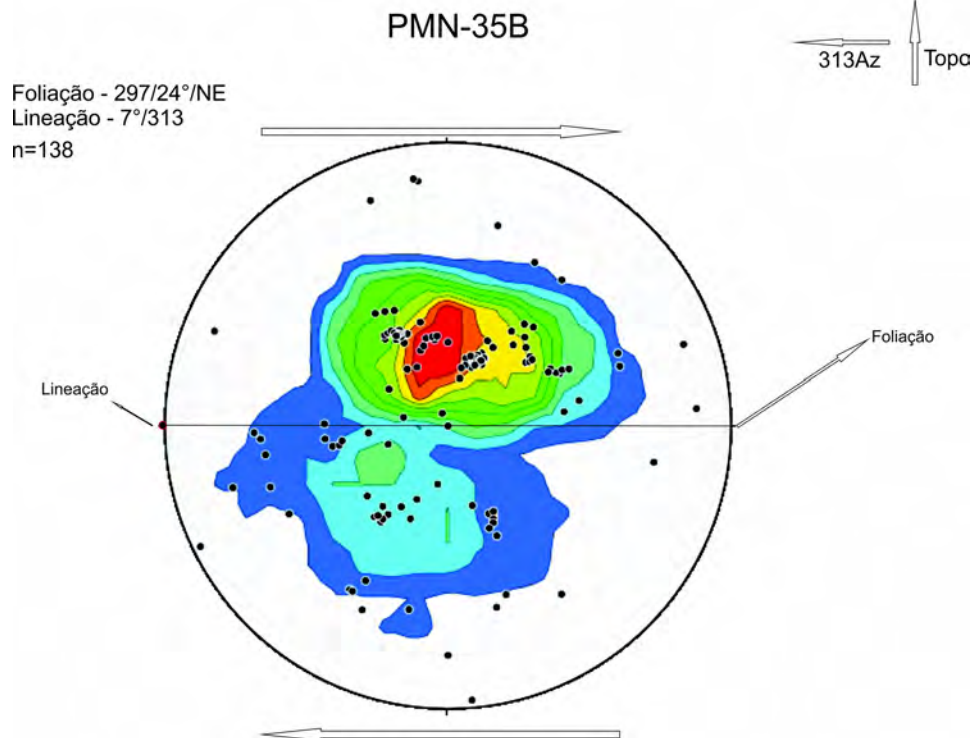


Diagrama 3: Petrotrama PMN-37

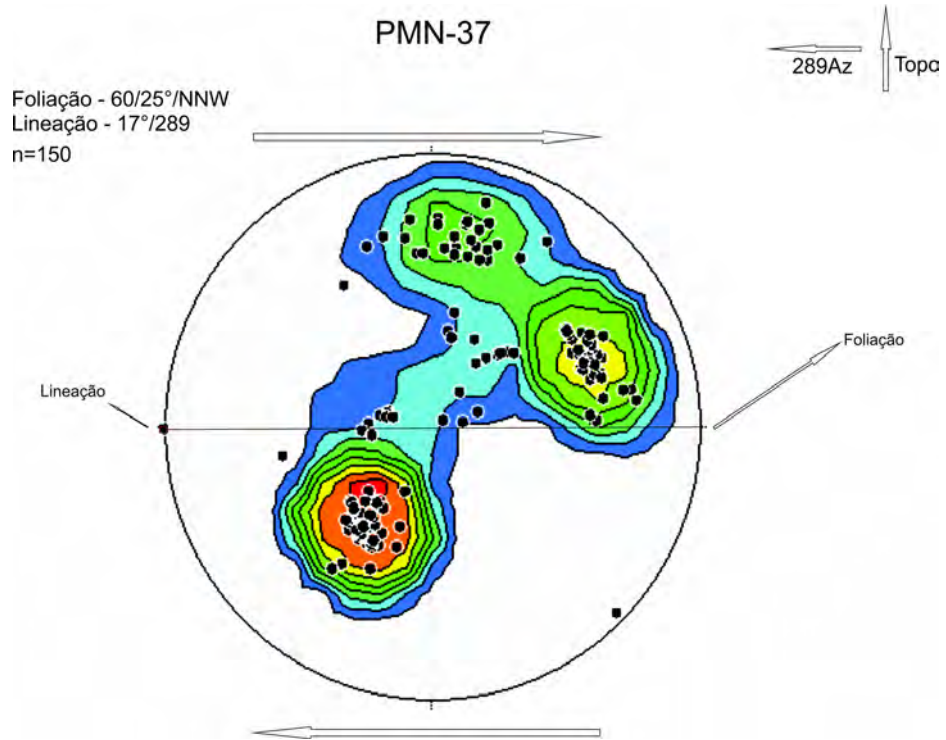


Diagrama 4: Petrotrama PMN-35

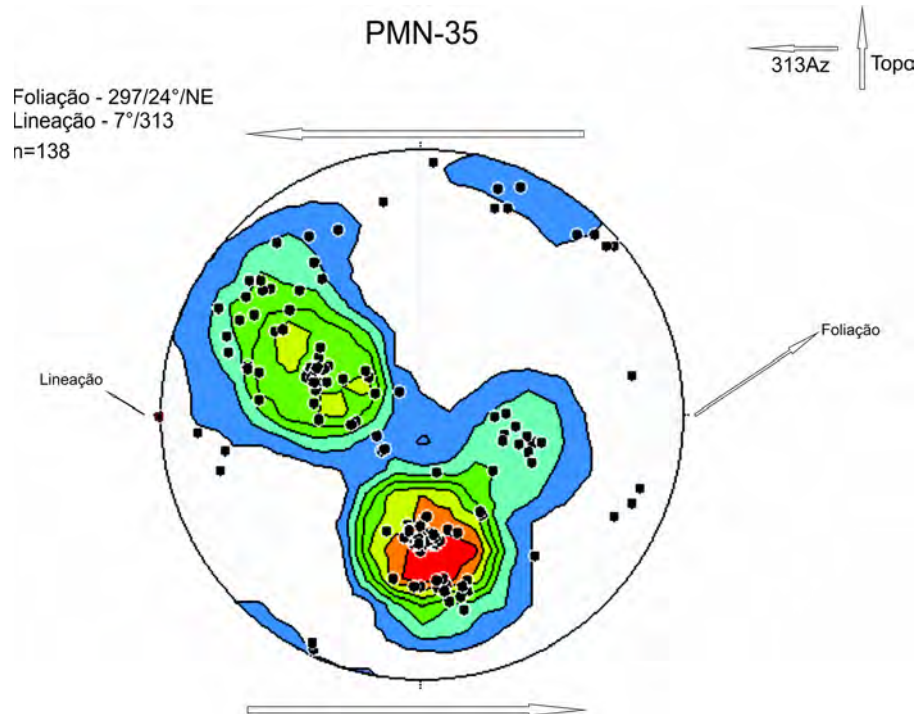


Diagrama 5: Petrotrama PMN-01OBS

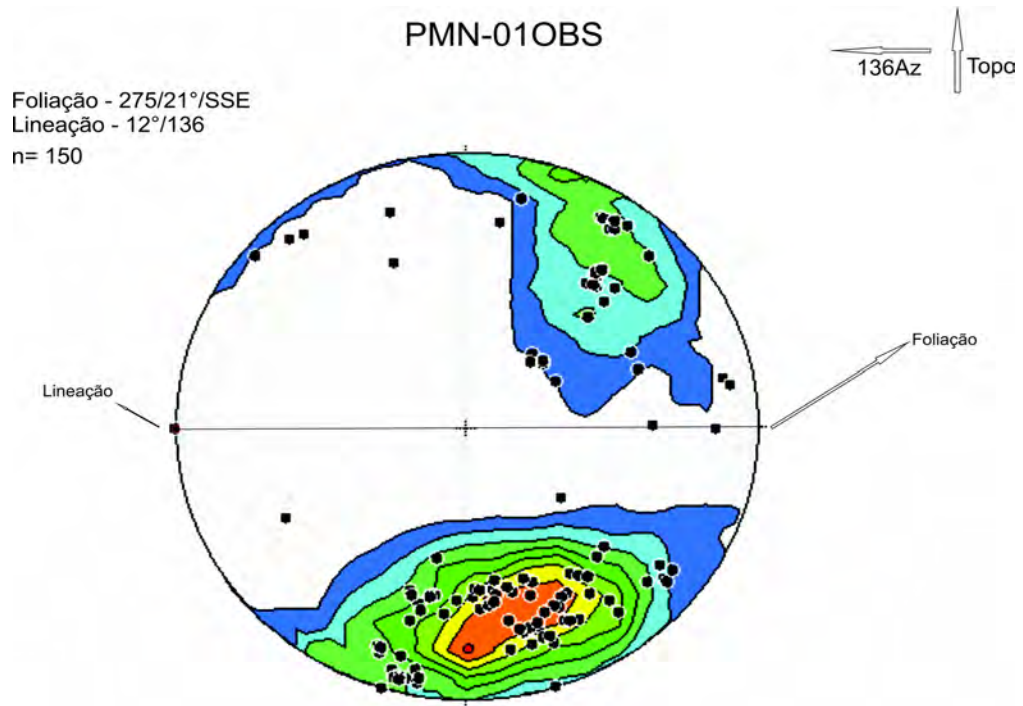
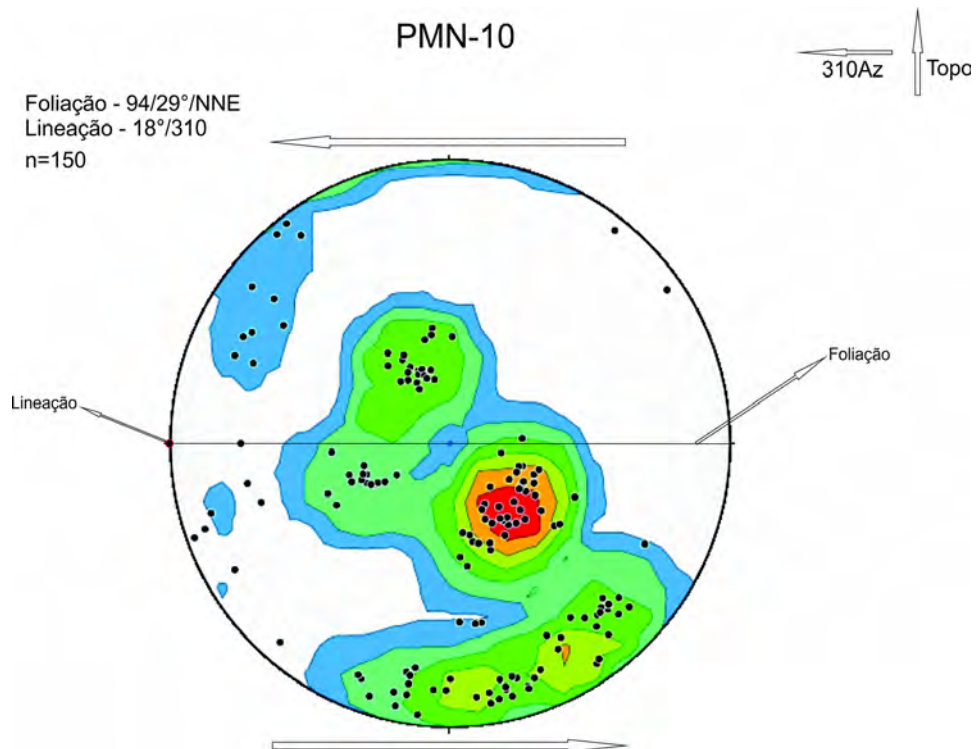


Diagrama 6: Petrotrama PMN-10



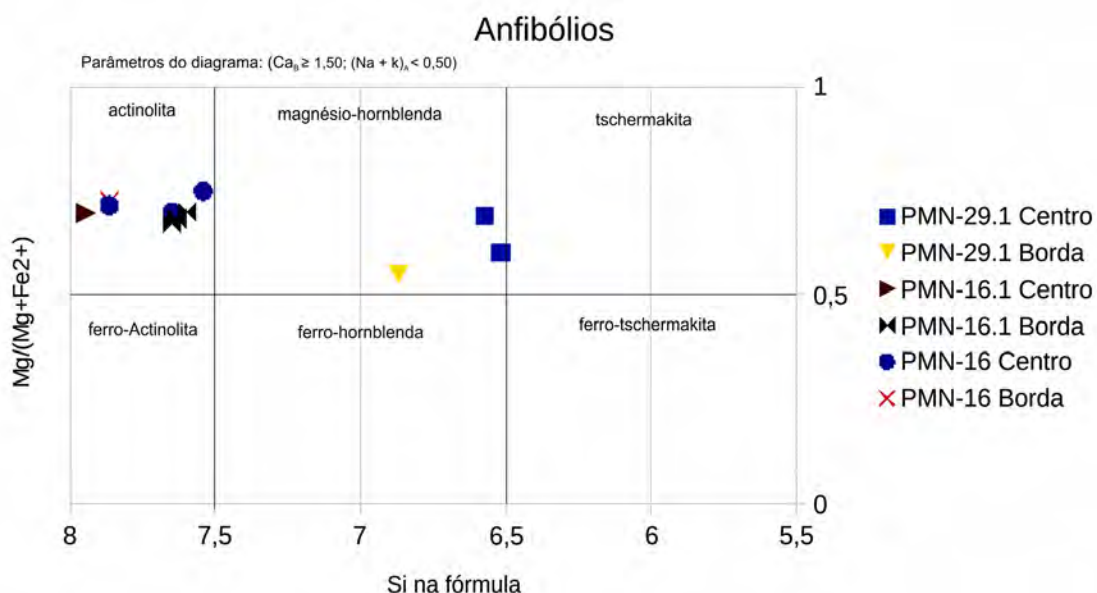


## 8. QUÍMICA MINERAL

As análises químicas dos minerais selecionados (anexo II) foram feitas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Sendo as condições de análise 15KV e diâmetro de análise de 4µm.

### 8.1 ANFIBÓLIO

Figura 8: Diagrama de classificação do anfibólios baseado em Leake et al. (1997)

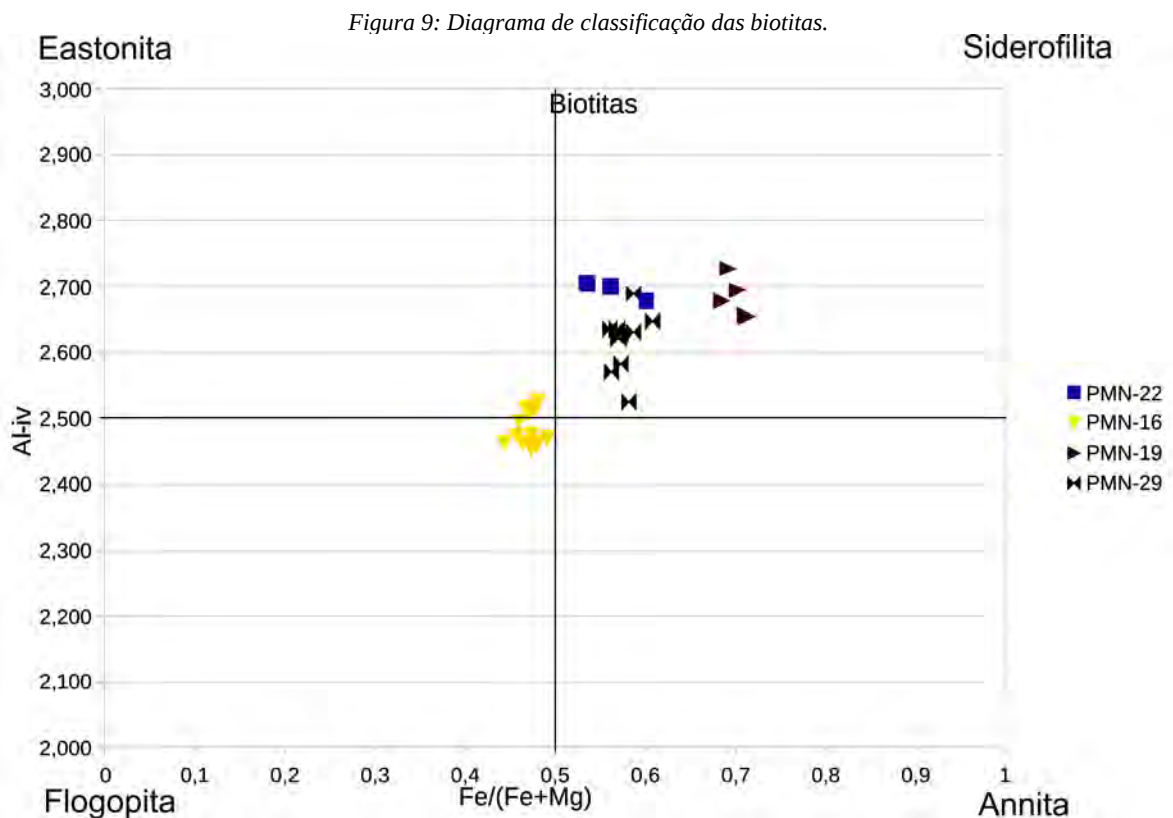


O anfibólio ocorre em duas amostras (PMN-16 e PMN-29). A amostra PMN-16 coletada de um gnaiss paraderivado interpretado com parte da lente metapelítica que se encontra na base da sequência metassedimentar Cabrobó estando sob o quartzito Garanhuns. Os cristais analisados são anfibólio cálcicos formados a partir da alteração de piroxênios. Estes ao ser plotados no diagrama de classificação dos anfibólios baseado em Leake et al. (1997) (Figura 8) caem todos no campo da actinolita. Os cristais analisados da amostra PMN-29 apresentam-se idiomórficos com coloração verde. No diagrama caem no campo da magnésio-hornblenda.



## 8.2 BIOTITA

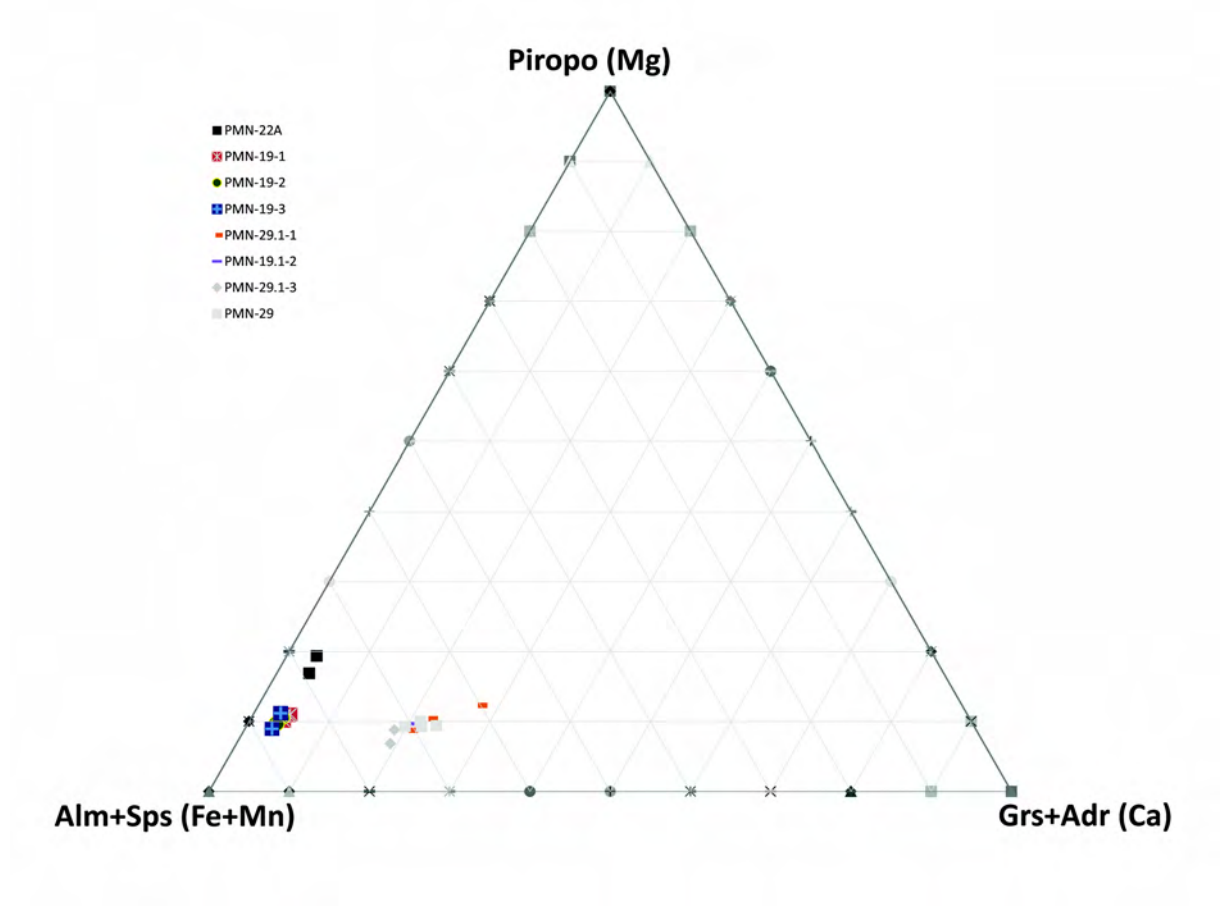
Cristais de biotita foram selecionados a partir de quatro amostras (PMN-16;19;22;29). As análises dos cristais pertencentes à amostra PMN-16 apresentam composições intermediárias entre eastonita e flogopita sendo a segunda com maior número de representantes. Nas amostras PMN-19 e 22, coletadas a partir de protólitos de xistos em meio ao migmatito paraderivado encontrado na base da sequência Cabrobó, assim como na PMN-29 as biotitas caem no campo da siderofilita.



### 8.3 GRANADAS

Os cristais de granada analisados são porfiroblas e poiquiloblastos normalmente fraturados com dimensões milimétricas. As análises em sua totalidade apresentam uma composição em ordem decrescente das moléculas de almandina, piropo, esperssatita, grossulária e andradita evidenciando a predominância de uma composição ferromagnesian.

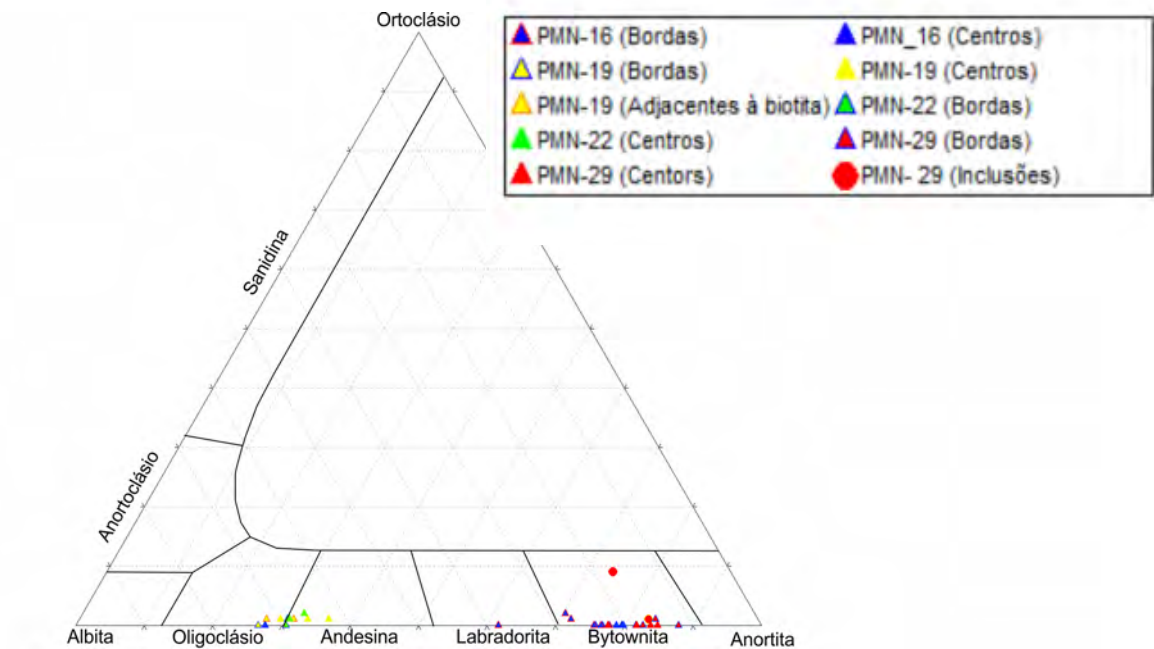
Figura 10: Diagrama para classificação das granadas.



## 8.4 PLAGIOCLÁSIO

Os cristais de plagioclásio apresentam dois grupos: 1 – com composição da bytownita, pertencentes às amostras PMN-16 e 29, sendo um cristal analisado apresentando com posição do oligoclásio; 2 - com composição intermediária entre oligoclásio e andesina, estes pertencentes às amostras PMN-19 e 22.

Figura 12: Diagrama das soluções sólidas dos feldsatos.



## 9. TERMOBAROMETRIA

### 9.1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de se obter as condições P-T de equilíbrio do pacote metassedimentar, foram usadas as análises de minerais obtidas em microsonda eletrônica, de amostras de três litologias da cobertura deformada. As amostras têm a seguinte classificação e posição geológica.

- Afloramento PMN 16: As amostras (em número de três) são de um pacote de biotita xistos ricos em quartzo com clinopiroxênio, localizado estruturalmente sobre o horizonte quartzítico;

- Afloramento PMN 19: A lâmina foi obtida de um biotita gnaiss granatífero parcialmente migmatizado, da base da cobertura;

- Afloramento PMN 22A: A lâmina é também de um biotita gnaiss com granada, provavelmente pertencente à cobertura deformada e;

- Afloramento PMN 29: Duas lâminas da mesma amostra de uma rocha calcissilicática intercalada aos quartzitos; plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda e granada são seus minerais constituintes.

Como se vê, a amostragem cobre de baixo até em cima todo o empilhamento estrutural da cobertura metassedimentar, ficando de fora o quartzito por causa da sua composição mineral quase monomineralica, de forma que nesta litologia não se tem os minerais que são usados nos termômetros e barômetros usuais, ou os têm em pequena quantidade.

As análises pontuais dos minerais e/ou suas médias usadas na termobarometria encontram-se nas tabelas dos anexos.

Foram usadas, como regra, na combinação dos minerais hidratados actinolita-tremolita, hornblenda e biotita, as médias das composições dos domínios, porque esses minerais são mais fáceis de homogeneizar-se e não mostram zoneamento por mudança das condições P-T, talvez porque a H<sub>2</sub>O seja um meio facilitador de homogeneização química das fases.

Para cristais de granadas e de plagioclásios foi considerado o zoneamento químico mostrado por esses minerais.

As análises das bordas dos minerais foram combinadas para a obtenção das condições P-T, porque essas composições devem representar as condições de equilíbrio do pico de T.

## 9.2 TÉCNICAS TERMOBAROMÉTRICAS

Das técnicas disponíveis para a estimativa de pressão e temperatura de estabilização das rochas metamórficas da cobertura usou-se como ponto de partida o programa Thermocalc, versão 3.26, que se utiliza da técnica chamada de multireação. Em seguida, como complemento do estudo, passou-se a utilizar outra técnica, designada como termobarometria convencional, através dos termômetros granada-biotita e hornblenda-plagioclásio.

### 9.2.1 Termobarometria de Multirreação

#### 9.2.1.1 Amostras do Afloramento PMN16:

Nenhuma das amostras produziu bons termos. P. ex. a amostra de nomenclatura PMN16 (as duas outras são a PMN16.1 e 16A), que possui cinco minerais analisados, clinopiroxênio, anfibólio, biotita, microclima e plagioclásio, mas com o anfibólio como substituinte do piroxênio, e, portanto, não pertencente a associação do pico de T, não gera resultados no programa. A alegação é de que o conjunto de reações independentes é incompleto.

#### 9.2.1.2 Amostra dos Afloramentos PMN 19 e 22A:

Essas duas amostras estão agrupadas porque se tratam de metapelitos manifestos já nas associações minerais, portadores de granada e ricos em quartzo e biotita. Esses minerais mais plagioclásio, todos alinhados na foliação Sp, devem pois pertencer ao pico de temperatura do metamorfismo progressivo.

As várias “rodadas” de ambas as amostras no Thermocalc e nos três modos do programa (PT médio, T médio e P médio) não gerou informações sobre temperatura ou pressão (ver Tabela 1 de resultados).

#### 9.2.1.3 Amostras do Afloramento 29 (PMN29 e PMN29.1):

Os cálculos com a amostra 29 deram resultados nos três modos acima citados. Mas a discussão é feita apenas sobre o modo PT médio.

Amostra PMN-29:

Essa amostra foi “rodada” no Thermocalc com três associações diferentes: 1) Sem hornblenda; 2) sem granada e 3) com todos os minerais presentes, granada, plagioclásio, hornblenda e quartzo, com o objetivo de se averiguar a influência de eventuais equilíbrios locais. Apenas com a associação 3) foram encontrados resultados nos três modos disponíveis no programa, e que se descreve a seguir apenas para o PT médio.

Foram obtidos os seguintes valores (ver Tabela 1) para a temperatura e a pressão do pico de T:  $642 \pm 238$  °C e  $5,7 \pm 3,2$  kbars. Vê-se que os erros relativos associados são elevados, de modo que os números não parecem ter muita utilidade. A análise da tabela de diagnósticos (não anexada ao texto) apresenta um  $\sigma_{\text{fit}}$  (7,65) que não passa pelo crivo do  $\chi^2$  e que tanto grossulária como piropo são os termos extremos que mais influenciam o PT encontrado. Isto é, a solução encontrada para o PT não é consistente com os dados fornecidos (particularmente as atividades).



## Amostra PMN29.1

O melhor resultado foi encontrado com o modo PT médio e com os minerais que se encontram em contato no domínio C3 (PMN29.1C3), também retirando-se dos cálculos a biotita, que em parte é um secundária. Os valores obtidos são:  $T=566\pm53$  °C ;  $P=4,0\pm0,9$  kbars. O erro relativo na determinação da temperatura de  $\sim 9\%$  indica que esse número é aceitável. O  $\sigma_{fit}$ , entretanto, não passou no teste do  $\chi^2$  ( $\chi^2 < 1,61$ ) e a tabela de diagnósticos sugere piropo e grossulária como os termos que influenciam o PT médio. Mas, como esses componentes fazem parte de quase todas as reações independentes, não é possível eliminá-los e rodar a amostra sem os mesmos.

Tabela 1- Valores de pressão, temperatura e padrões estatísticos das amostras analisadas.

	XH <sub>2</sub> O	T	Sd(T)	P	(sdP)	cor	$\sigma_{fit}$	NR
PMN16 – PT MÉDIO	1,0	NÃO CALCU LA						6
PMN16 – T MÉDIO	1,0	416	109 8,0			0,7	4	
PMN16 T- MÉDIO	1,0	475	108	9,0			0,7	6
PMN19	1,0	NÃO CALCU LA						
PMN22ABOR DAS	1,0	NÃO CALCU LA						2
PMN22AC1	1,0	NÃO CALCU LA						
PMN29 – PT MÉDIO	1,0	642	238	5,7	3,2	0,281	7,65	5
PMN29 T-	1,0	508	198	4,0			5,2	2

MÉDIO								
PMN29 T- MÉDIO	1,0	809	40	9,0			0,1	2
PMN29.1- PT MÉDIO	1,0	566	53	4,0	0,9	0,253 2,30(ˆ1,61)	5	
PMN29.1 T- MÉDIO	1,0	517	45	4,0			2,1	7
PMN29.1 T- MÉDIO	1,0	584	114	9,0			5,2	7

### 9.2.2 Termobarometria Convencional

Em continuação ao estudo termobarométrico, estimativas de temperaturas foram obtidas com o uso de reações termométricas individuais. Não foram encontradas na literatura equações barométricas aplicáveis às associações minerais aqui descritas (sem aluminossilicatos e/ou mica branca).

Os termômetros usados foram 1) a troca de Fe e Mg entre granada e biotita e 2) o teor de Al<sup>iv</sup> no anfibólio coexistente com plagioclásio.

#### 1 – Troca de Fe e Mg entre Granada e Biotita

Calibrações de sete termômetros de citação comum na literatura foram usadas nos cálculos. São elas: Bhattacharya et al. (1992), Dasgupta et al. (1991), Ferry & Spear (1978), Hodges & Spear (1982), Perchuk & Lavrent'eva (1983), Thompson (1976) e Holdaway & Lee (1977). Os resultados das estimativas de temperatura estão expostos na Tabela 2.

Tomou-se o cuidado de usar-se nos cálculos análises de granadas cujas estequiometrias se aproximassem da composição teórica. P. ex., só foram empregadas análises

cuja  $\Sigma$  dos cátions bivalentes fosse de aproximadamente 3,0. Infelizmente, não foi possível ater-se com rigor à estequiometria no caso das biotitas.

Um ponto importante a anotar aqui: as granadas das litologias estudadas apresentam zoneamento químico obtido por crescimento e não por difusão, porque em geral se observa o enriquecimento em Mn no núcleo desse mineral e seu decréscimo para a borda; o inverso é encontrado com o teor de Mg. Esse tipo de zoneamento está presente em granadas que cresceram em temperaturas  $\leq 650$  °C, o que permite colocar um limite superior para a estabilização das associações minerais da área.

#### Amostras dos Metapelitos (PMN 19 e 22A)

A Tabela 2 mostra que as temperaturas estimadas são muito elevadas ( $\geq 700$  °C ou próximas desse valor) face ao contexto geológico presente na cobertura deformada e em sua base, sendo exceção a calibração de Dasgupta (1991). Ou seja, as amostras dos metapelitos caso tivessem sido submetidas a temperaturas dessa ordem deveriam estar completamente fundidas, o que não ocorreu na área, sendo caso comum, entretanto, a ocorrência de mesossomas bem preservados ao lado das partes leucossomáticas. Por outro lado, como aludido acima, o zoneamento por crescimento das granadas não permitiria temperaturas  $\geq 650$  °C.

Outro aspecto chamativo na análise da Tabela 2 é que as temperaturas são muito desconstruídas na comparação das várias calibrações. Temperaturas  $\geq 650$  °C são mais comuns com as calibrações de FS78 e HS82. A rigor, as calibrações de FS78 e HS82 não deveriam ser consideradas por conta das composições minerais encontradas: As biotitas e as granadas excedem os limites de aplicação desses termômetros:  $(Al^{VI}+Ti)/(Al^{VI}+Ti+Mg+Fe) \geq 0,15$  e  $(Ca+Mn)/(Ca+Mn+Mg+Fe) \geq 0,2$ , respectivamente, nas biotitas dos metapelitos e nas granadas das calcissilicáticas.

## Amostras do Afloramento PMN-29

Em geral, as estimativas das temperaturas (em amarelo) se enquadram bem na faixa esperada para o contexto geológico. Esses números também mostram boa concordância com o valor de  $566 \pm 53$  °C encontrado com Thermocalc. Apenas o termômetro de Dasgupta (1991) ostenta valores 700 °C.

Tabela 2 – Estimativa para temperatura em várias calibrações. (em °C)

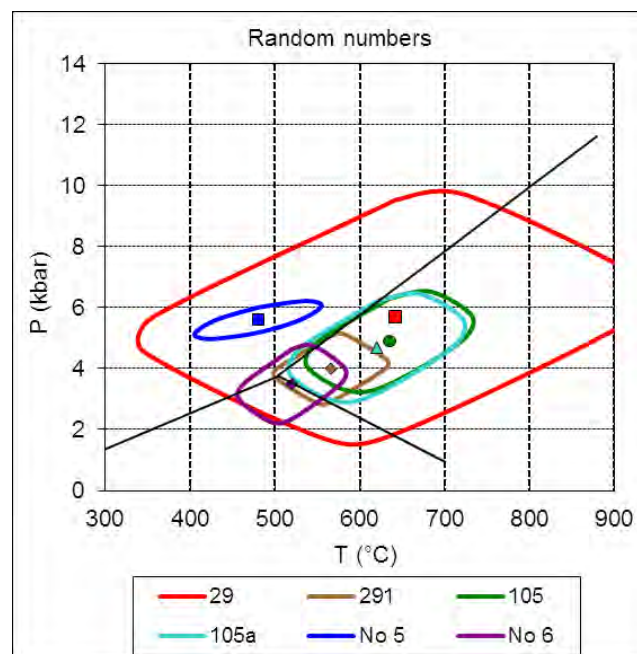
	B92- HW	B92- GS	DASG9 1	FS78	HS82	PL83	T76	HL77
PMN19C2	695	688	641	797	813	690	752	715
PMN19C3	698	691	624	810	823	695	760	722
PMN19BORDA S	695	690	623	795	811	689	750	713
PMN22AC1	681	682	633	759	776	673	725	692
PMN22AC2	702	705	662	802	816	692	755	718
PMN29	623	596	699	640	722	615	639	619
PMN29.1	632	605	706	663	739	627	656	634

## 2 – Termômetro Anfibólio-Plagioclásio

Três amostras (PMN16, PMN29 e PMN29.1) foram trabalhadas com esse termômetro. Muito embora a PMN16 seja um metapelito rico em Ca, a discussão será feita de forma agrupada junto com as amostras PMN29. Nenhum resultado foi encontrado com o “soft” disponibilizado pelos autores do geotermômetro (Tabela 3). A justificativa é de que a fração molar do Na na posição cristalográfica M4 é inferior a 0,03. Mas cálculos feitos à mão para a alocação dos cátions nas posições cristalográficas não estão de acordo com o aviso do programa.. P. ex., a amostra PMN29.1 forneceu nesses cálculos  $X_{NaM4}=0,083$  ou 0,085 (respectivamente, seguindo-se as recomendações de Will, 1998 e de Powell, 1978 para a alocação de cátions em anfibólios).

A opção de se trabalhar à mão a equação do termômetro (Blundy & Holland, 1990) levou a números muito altos. Então na prática, o uso do termômetro dos autores mencionados, que seria aplicável a rochas metamórficas desde a fácies xisto verde a anfibolito, não se mostrou útil com as amostras da cobertura. O porque do insucesso não é entendido ainda. E face aos objetivos imediatos da dissertação, a procura das causas que levaram a esse mau resultado será deixada para uma etapa posterior.

Figura 13 – Elipses de erro de amostras de calcissilicáticas desta dissertação (PMN29 e 29.1) e de amostras de migmatitos de mesossomas a granada e biotita com cordierita (log-105 e 105a) da tese de Osako (2005). A amostra PMN 29 mostra erros de P e T muito elevados. A amostra PMN29.1 cai na mesma região PT que as amostras de Osako (2005), com P abaixo de 5 kbar e de T entre 550 e 650 oC. Para comparação, no gráfico acima, plotou-se duas amostras de metapelitos da literatura (Waters, 2015) cujas elipses de erro são perfeitamente aceitáveis.



## 10. DISCUSSÃO FINAL E CONCLUSÕES

Os elementos analisados nos capítulos anteriores permitem colocar em destaque e confrontar a evolução tectono-metamórfica brasileira dos dois complexos pré-cambrianos que afloram na parte SE da folha Venturosa:

- O complexo do embasamento, de composição predominantemente ortognáissica e migmatítica, muitas vezes aqui denominado formalmente de Complexo Rio Una e;
- A cobertura metassedimentar representada pelo quartzito Garanhuns, que nos mapeamentos regionais mais recentes (folhas Garanhuns e Venturosa 1:100.000), juntamente com outras supracrustais, em especial pelíticas, são referidas como Complexo Cabrobó.

As relações crono-tectônicas das duas unidades mereceram pouca atenção e discussões superficiais dos autores que trabalharam na região e as idades dessas unidades é conflitante, conforme se ilustra a seguir:

- O texto explicativo da folha Garanhuns 1:250.000 (relatório interno da CPRM, 1998) não discute as relações das unidades; o mapa geológico cartografa tanto o quartzito como os ortognaisses e migmatitos, chamados de Belém do São Francisco, como de idade mesoproterozóica; o contato entre os dois conjuntos seria do tipo normal, não tectônico.

- Osako (2005) também não examina as relações entre as unidades, mas descreve no quartzito a ocorrência de dobras recumbentes seccionadas por zonas de cisalhamento sub-horizontais, associadas com planos de cavalgamento, relacionados ao desenvolvimento da superfície metamórfica  $S_n$ . As dobras têm eixo NE-SW --- e, portanto, direção axial perpendicular à direção geral da lineação de estiramento encontrada nesta dissertação. Essas dobras teriam sido encontradas no topo da serra da Prata (parte SE do quartzito).

A autora coloca uma falha de empurrão por toda a frente NW do quartzito Garanhuns, mas não justifica tal procedimento.

- Os mapeamentos mais recentes, folhas Venturosa e Garanhuns 1:100.000 (ambos de 2008 pelo convênio CPRM-UFPE), assinalam que os dois complexos estão separados por um contato normal, não tectônico.



Pela primeira vez, os gnaisses e migmatitos são considerados como tendo idade paleoproterozoica, que recebe a denominação formal de Complexo Rio Una.

- O mapa recentemente posto à disposição do público pela CPRM (folha Garanhuns 1:250.000, 2015) assinala uma falha compressional na frente NW do quartzito como separação das duas unidades, mas só de Paratama para NE. À norte o embasamento paleoproterozoico é chamado de ortognaisse Macunã ou Rio Una cavalgando em faixa estreita pelo quartzito. O quartzito encontra-se na maior parte em contato com rochas neoproterozóicas.

- No presente trabalho, um contato anormal feito através de zona de cisalhamento dúctil de baixo ângulo está amplamente evidenciado, por meio de informações estruturais de campo, informações texturais e padrões de eixos-c de quartzo de lâminas orientadas do quartzito Garanhuns,

Os dados estruturais de campo confirmam o contato anormal apenas na “frente NW do quartzito”, onde se vê os metassedimentos arenosos sobre ortognaisses do embasamento, e isso, apenas nas proximidades da entrada do povoado de Borracha. Nesse local, foram encontrados os critérios necessários: bandamento e lineação de estiramento fortes no quartzitos; tramas similares à C-S nos ortognaisses. O transporte inferido do topo é para NW. Esses elementos constituem uma peça importante, porque responde a um dos questionamentos que geraram a elaboração da pesquisa: se a evolução tectono-metamórfica do quartzito Garanhuns teria tido o envolvimento do Grupo Rio Una e de que forma.

Os dados da petrografia dos quartzitos mostram critérios cinemáticos raros, peixes de mica (apenas na base do pacote quartzítico) e cristais isolados de biotita de forma losangular, mas que mantém coerência cinemática com as informações de campo --- de novo transporte do topo para NW.

Medições de eixos-c de quartzo forneceram padrões elucidativos sobre o regime e condições de temperatura da deformação, exceto em uma lâmina.

Em primeiro lugar, e quanto ao regime de deformação, guirlandas únicas (embora não alongadas) e assimétricas aos eixos principais de strain foram conseguidas para os quartzitos tanto da base do pacote metassedimentar (PMN32) e posição média como para amostras da parte alta do empilhamento geométrico-estrutural (PMN37). O transporte indicado do topo é

para NW. Então é significativo que o mesmo regime de deformação não-coaxial (quer de cisalhamento simples ou de deformação geral) atingiu todo o pacote quartzítico e não apenas sua base.

Em segundo lugar, e com relação às condições de T, no interior das guirlandas sempre se encontra um máximo situado próximo do centro da projeção. Ele está mais próximo nas amostras PMN32 (que como referido foi coletadas na base do pacote metassedimentar) e PMN10, que foi retirada de uma posição intermediária do pacote metassedimentar. Esses máximos apontam para deslizamento nos planos cristalográficos prismáticos ou romboédricos na direção cristalográfica “a”. Sabe-se de trabalho experimental que esses deslizamentos acontecem em temperaturas médias a altas (400-600 °C). Conclui-se então desses achados que a deformação principal, formadora do bandamento e que contém a lineação de estiramento, ocorreu em temperaturas entre as fácies xisto verde e anfibolito e que elas teriam sido maiores na base da cobertura.

Uma amostra (PMN01OBS) foge dos padrões mencionados porque a distribuição dos eixos-c de quartzo se aproxima da de um pequeno círculo, com máximo quase periférico, podendo-se interpreta-la como gerada num regime de achatamento não-coaxial e temperaturas mais baixas

Todas informações retiradas da análise da deformação plástica do quartzo mostra total correspondência com as temperaturas de estabilização dos metapelitos e encontradas em texturas de subgrãos cascissilicáticas intercaladas aos quartzitos, anteriormente discutidas na termobarometria.

No que diz respeito à trajetória do metamorfismo (tendo como termos similares “tipo bárico”, Miyashiro, 1961 e gradiente metamórfico de outros autores), os dados apontam para algo intermediário entre o barroviano e o baixo P/T, em especial pelo não registro de cianita na região, não verificada nem nas amostras estudadas e nem nas citações da literatura. Ocorrências de andaluzita e de cordierita em mesossomas pelíticos (Osako, 2005) e em gnaisses não-migmatíticos indicam a estabilização das associações em níveis crustais mais rasos do que o barroviano. Sem falar das estimativas obtidas pela termobarometrias:  $635 \pm 78^\circ\text{C}$  e  $4,9 \pm 1,3$  kbar ou  $620 \pm 82^\circ\text{C}$  e  $4,7 \pm 1,4$  kbar (Osako, 2005) e  $566^\circ\text{C}$  e 4,0 kbar (nesta dissertação), todas indicando pressões menores que 5,0 kbar.

As implicações tectônicas e regionais desses achados incluem uma história tectono-metamórfica que exclui tectônica por empurrões (ou nappismo). Também excluía correlação do Complexo Cabrobó com o Grupo Macururé tipicamente barroviano (Silva, 1992) e que já foi especulado para o quartzito Garanhuns (como uma cobertura alóctone vindo da região do cinturão Sergipano).

É provável que a obtenção de altas temperaturas regionalmente possa ter tido como causa a colocação dos plutões brasileiros, de que a região é rica, particularmente, de grandes batólitos (Águas Belas-Canindé e Ipojuca-Atalaia). A ausência de empurrões e o aquecimento in situ provocado pela intrusão de magmas sugere para o metamorfismo o nome de contato regional (Spear, 1993)

Por fim, conclui-se que:

- O quartzito Garanhuns é uma cobertura autóctone, sem que se esteja associando ao termo autóctone a conotação empregada para as grandes zonas compressionais descritas pela literatura, tais como o Caledoniano da Escandinávia, ou a zona de empurrão do Moine na Escócia. Faltam na área estudada os elementos presentes nos grandes cavalgamentos, como: a colocação de rochas mais antigas e/ou de grau metamórfico mais elevado sobre rochas mais jovens e a duplicação dos pacotes metassedimentares.

- O fato de que todo o pacote metassedimentar arenoso registrou um regime não-coaxial não é argumento suficiente para caracterizar-se um klippe na área, mesmo porque os trabalhos de campo não mostraram uma zona de cisalhamento contínua na base do quartzito. A zona de cisalhamento mapeada na frente NW da cobertura parece tratar-se simplesmente de um deslocamento local ocasionado pela compressão brasileira.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth Science Reviews* 17, 1–29.
  
- Brito Neves, B.B.; Van Schmus, W.R.; Santos, E.J.; Campos Neto, M.C; Kozuch, M. O evento Cariris Velhos na Província Borborema: integração de dados, perspectivas e implicações. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, p. 279-296, 1995.
  
- Guimarães, I.P.; Van Schmus W.R.; Brito Neves, B.B.; Brittar, S.M.B.; Silva Filho, A.F., Armstrong R., 2011. U–Pb zircon ages of orthogneisses and supracrustal rocks of the Cariris Velhos belt: Onset of Neoproterozoic rifting in the Borborema Province, NE Brazil. *Precambrian Research* 192-195. p. 52-77.
  
- Leake, B.E.; Woolley, A.R.; Arps, C.E.S.; Birch, W.D.; Gilbert M.C.; Grice, J.D.; Hawthorne, F.C.; Kato, A.; Kisch, H.J.; Krivovichev, V.G.; Linthout, K.; Laird, J.O.; Mandarino, J.A.; Maresch, W.V.; Nickel, E.H.; Rock, N.M.S.; Schumacher, J.C.; Smith, D.C.; Stephenson, N.C.N.; Ungaretti, L.; Whittaker, E.J.W.; Youzhi, G. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, v. 82, p. 1019-1037, 1997.
  
- Miyashiro, A – 1961 – Evolution of metamorphic belts. *J. Petrology*, 2: 277-311.
  
- Neves, S.P., Bruguier, O., Vaochez, A., Bosh, D., Da 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* 149, 197-216.

- Neves, S.P. & Mariano, G., 2004. Heat-producing Elements-enriched Continental Mantle Lithosphere and Proterozoic Intracontinental Orogens: Insights from Brasiliano/Pan-African Belts. *Gondwana Research*, % 7, No. 2, pp. 427-436.
  
- Sales, A. O.; Lima, E. Santos de; Brito Neves, B. B. Evolução Petrogenética e Tectônica do Evento Cariris Velhos na Região de Afogados da Ingazeira (PE), Terreno Alto Pajeú, Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 11, n. 2, p. 101-121, agosto 2011.
  
- Santos, E. J.; Van Schmus, W. R.; Kozuch, M.; Brito Neves, B. B. The Cariris Velhos tectonic event in Northeast Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, v. 29, p. 61 - 76, 2010.
  
- Silva Filho, A.F., Guimarães, I.P., Van Schmus, W.R., 2002. Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas Complex, Borborema Province, NE Brazil; Nd isotopic data from Neoproterozoic granitoids. *Gond. Res.* 5, 409-422.
  
- Silva Filho, A.F., Van Schmus, W.R., Rangel da Silva, J.M., Osako, L.M., Concentino, L.M., 2014. SHRIMP U–Pb zircon geochronology and Nd signatures of supracrustal sequences and orthogneisses constrain the Neoproterozoic evolution of the Pernambuco–Alagoas domain, southern part of Borborema Province, NE Brazil. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 103:2155–2190.
  
- Silva, J.M.R. 1992 – Evolução tectono-metamórfica de uma parte da faixa Sul-Alagoana, Sistema Sergipano – Nordeste do Brasil. Tese de doutoramento, Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica, USP, São Paulo, 130p.

- Spear, F. S. - 1993 – Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths, Monograph, MSA. Washington DC, USA, 799 p.
  
- Van Schmus, W.R., Oliveira, E.P., Silva Filho, A.F., Toteu, S.F., Penaye, J., Guimarães, I.P., 2008. Proterozoic links between the Borborema province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 294, 69-99.
  
- Venturosa- SC.24-X-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa./ Adejardo Francisco da Silva Filho, Hermanilton de Azevedo Gomes, José Maurício Rangel da Silva, Liliana Sayuri Osako, Ignez de Pinho Guimarães, Ely de Arruda Brasil, Dayse Rosa Lima, Francis Miller J. Virtuoso da Silva, Lorena Cocentino - Pernambuco: UFPE /CPRM, 2007.



## APÊNDICE A – MEDIÇÕES DE EIXOS-C DE QUARTZO

PMN-01OBS

Medida	Dados Platina		
		57	L:206,5-23H
1	R:340,5-14H	58	L:251-25H
2	L:282-11H	59	L:199-26H
3	L:184-34H	60	L:199,5-20H
4	L:329-11,5H	61	L:326-13H
5	L:198-1H	62	L:218-16,5H
6	L:196-24H	63	R:345-7H
7	R:345,5-7,5H	64	L:280,5-9H
8	L:210-31H	65	R:198,5-18H
9	L:208-31H	66	R:345,5-28H
10	L:195-38H	67	L:169-38H
11	R:311,5-29V	68	L:347-15H
12	R:345-15H	69	R:342,5-38,5H
13	L:271-36H	70	L:201-20,5H
14	R:346-34H	71	L:325-12H
15	L:199,-23H	72	R:349,5-11,5H
16	L:195-24H	73	L:166-7H
17	L:218,5-21H	74	L:314-5-41H
18	L:206-28,5H	75	L:200-41,5H
19	L:322-28,5H	76	L:231,5-14H
20	L:189-40H	77	L:191,5-19H
21	R:142,5-33H	78	L:224,5-35H
22	R:218-11H	79	R:350-38H
23	L:228,5-36H	80	R:347,5-32H
24	L:205,5-29H	81	R:202-35H
25	L:228,5-17H	82	L:194-40H
26	L:196,5-19H	83	R:350-8H
27	R:354,5-32H	84	L:170-6H
28	L:328-11H	85	R:320-29,5V
29	L:315-28H	86	R:349,5-37H
30	L:314,5-34H	87	L:183-41,5H
31	L:319-32,5H	88	R:340-16H
32	R:131-29,5H	89	L:207,5-22H

33	R:232-34,5V	90	L:231-12H
34	R:339-16H	91	L:200-35H
35	R:357-37,5H	92	R:345,5-6,5H
36	L:233,5-18H	93	L:163-1,5H
37	L:208-21,5H	94	R:317,5-27V
38	L:192-29H	95	R:313,30V
39	L:323-8,5H	96	L:218,5-32H
40	L:320,5-32H	97	L:194,5-25H
41	L:164-9H	98	L:290-37,5H
42	R:299-29V	99	R:323,5-36,5H
43	L:182-38,5H	100	L:326,5-9H
44	R:221-9,5H	101	L:321,5-26H
45	L:214-36H	102	L:322-29H
46	L:201-17H	103	L:187,5-35,5H
47	R:298-31H	104	L:185-40H
48	L:348,5-40V	105	L:270-15H
49	L:197-25H	106	L:234,5-13H
50	L:326,5-10,5	107	L:202,5-28H
51	L:321,5-27H	108	L:201-20H
52	L:215,5-27H	109	L:296-37H
53	L:168V-7H	110	L:315,5-12H
54	L:202,5-39,5H	111	R:346-6H
55	L:190-43H	112	R:229,5-0,5H
56	L:216-34,5H	113	L:189,36,5H
		114	L:190-38,5H

## PMN-10

Medida	Dados Platina		
1	L:29-321V	75	R:288-21V
2	R:15-280V	76	L:308-11H
3	L:240-12H	77	R:330-22H
4	L:250-3H	78	L:256-26V
5	R:326-7H	79	R:306-40V
6	L:292-25H	80	L:325-32V
7	R:306-33V	81	L:253-31V
		82	L:266-35V

8	L:251-8H	83	L:332-29V
9	L:254-12H	84	L:297-18H
10	L:336-23V	85	R:317-22H
11	R:32013H	86	R:354-11H
12	L:326-22V	87	R:350-36H
13	R:325-8H	88	R:352-36H
14	L:321-23V	89	R:340-13H
15	L:331-20V	90	R:348-27V
16	L:335-22V	91	R:325-27V
17	R:21-12H	92	R:301-29V
18	L:324-10H	93	R:332-26V
19	L:332-25V	94	L:240-22V
20	L:245-27V	95	R:295-27V
21	R:339-33V	96	R:315-21H
22	L:242-38V	97	R:345-16H
23	L:330-18V	98	L:339-23-V
24	L:323-3H	99	L:339-23V
25	L:320-4H	100	R:334-21V
26	L:324-10H	101	L:249-315V
27	R:313-28V	102	R:352-26V
28	R:290-26V	103	R:325-26H
29	R:333-25H	104	R:312-20H
30	R:347-29V	105	L:351-34V
31	L:250-26V	106	R:342-10H
32	L:248-39V	107	R:315-31V
33	R:286-27V	108	R:322-27V
34	R:312-15H	109	L:243-26V
35	R:296-26V	110	L:1-31V
36	R:342-11H	111	R:11-19H
37	R:287-22V	112	L:346-31V
38	R:347-12H	113	R:344-295V
39	R:317-17V	114	R:10-18H
40	L:288-22H	115	L:193-11H
41	L:248-28V	116	L:350-32V
42	R:301-20V	117	R:9-21H

43	L:270-26H	118	L:346-19V
44	R:346-9H	119	R:18-7H
45	R:302-26V	120	L:345-22V
46	R:338-15H	121	R:322-23H
47	R:312-25V	122	R:318-21H
48	R:324-29V	123	L:299-20H
49	L:24018V	124	R:320-30V
50	R:348-16H	125	L:305-28H
51	R:344-15H	126	R:329-31V
52	R:300-24V	127	L:259-27H
53	R:218-5H	128	L:221-8H
54	R:303-24V	129	L:297-23H
55	L:242-25V	130	R:1-14H
56	L:251-27V	131	R:315-21R
57	R:308-39V	132	R:293-21V
58	R:293-40V	133	R:332-19H
59	L:242-24V	134	L:339-21V
60	R:351-12H	135	R:351-8H
61	L:330-28V	136	R:355-24V
62	L:309-20H	137	R:7-4H
63	R:266-21V	138	R:347-13H
64	R:315-24H	139	L:202-13H
65	R:345-16H	140	R:333-30H
66	R:10-18H	141	R:4-14H
67	R:338-31V	142	R:349-9H
68	R:322-23V	143	L:340-20V
69	R:330-20V	144	L:190-11H
70	R:12-6H	145	R:297-24V
71	R:357-37H	146	R:235-6H
72	R:319-21H	147	R:10-15H
73	R:316-20H	148	R:326-26V
74	R:321-18H	149	R:355-33V
		150	R:352-36V

Medida	Dados Platina	68	R:205-21V
1	L:333-31V	69	L:29-32V
2	L:271-13H	70	L:331-38V
3	L:266-13H	71	L:332-29V
4	L:292-12H	72	L:331-30V
5	L:355-3H	73	L:340-36V
6	R:259-39V	74	R:205-23V
7	L:280-27H	75	R:209-22V
8	R:341-17H	76	L:251-36H
9	R:353-14H	77	R:231-29V
10	R:352-13H	78	R:232-30V
11	L:281-13V	79	R:221-38V
12	L:247-35H	80	L:271-36V
13	L:261-37H	81	R:242-33V
14	L:280-20H	82	L:253-18V
15	R:333-29V	83	R:203-22V
16	L:3535-28V	84	R:203-21V
17	L:334-30V	85	R:180-20V
18	L:332-28V	86	L:330-31V
19	L:335-31V	87	L:328-30V
20	L:334-22H	88	R:195-20V
21	L:331-28V	89	R:208-22V
22	L:22-19V	90	L:331-30V
23	R:245-36V	91	R:206-21V
24	L:14-14V	92	L:327-38V
25	R:343-24V	93	L:335-37V
26	L:218-35H	94	L:3254-24V
27	R:230-31V	95	R:241-36H
28	R:335-31V	96	R:336-35V
29	R:263-34V	97	R:221-34V
30	L:219-29V	98	L:260-34V
31	L:215-34V	99	R:232-31V
32	L:229-31V	100	R:251-34H
33	L:214-31V	101	L:351-25V
34	L:336-29V	102	L:194-28H

35	L:324-31V	103	L:203-23V
36	L:325-325V	104	R:205-27V
37	L:336-29V	105	L:330-30V
38	L:332-27V	106	R:210-26V
39	L:333-30V	107	R:206-21V
40	R:209-20V	108	R:202-18V
41	R:206-20V	109	R:196-18V
42	R:338-32V	110	R:207-21V
43	L:216-34H	111	L:346-26V
44	L:225-38H	112	L:350-26V
45	R:217-34V	113	R:215-33V
46	R:226-33V	114	R:219-34V
47	R:202-21V	115	R:218-33V
48	L:245-34H	116	R:261-35H
49	L:336-29V	117	L:260-32V
50	L:333-30V	118	L:353-26V
51	L:332-31V	119	L:266-34H
52	L:329-29V	120	L:340-23V
53	L:326-29H	121	L:210-27V
54	L:327-32V	122	R:198-21V
55	L:16-19V	123	L:268-32H
56	L:333-31V	124	R:193-17V
57	R:244-35V	125	R:204-19V
58	R:23-29V	126	L:343-24V
59	R:244-3H	127	L:0-24V
60	R:241-34V	128	L:262-31V
61	L:302-20V	129	R:225-32V
62	R:217-37V	130	R:10-17V
63	R:214-33V	131	R:22-34H
64	L:264-36V	132	L:208-38H
65	R:219-30V	133	L:265-23V
66	R:244-37V	134	L:28-35H
67	R:245-39V	135	L:211-33H
		136	L:205-29H
		137	L:210-33H

## PMN-35

Medida	Dados Platina		
		58	L:243-16,5V
1	L:249-38V	59	L:247-36,5V
2	L:357-39V	60	R:187-37,5V
3	L:02-40V	61	R:260-34V
4	L:3369-6H	62	R:197,5-37,5V
5	L:232,5-33V	63	L:244-27V
6	258-27V	64	L:188-38,5H
7	R:234-28V	65	L:343-37V
8	L:239,5-37V	66	L:5,5-37V
9	L:233-20,5V	67	L:352-38,5V
10	R:220,5-31,5V	68	R:253-32,5V
11	R:280-25H	69	R:230-26,5H
12	L:252-35,5V	70	R:196,5-18V
13	L:251-38V	71	R:248-21H
14	L:254,5-34V	72	L:273,5-19,5V
15	L:185,5-35H	73	L:193-26H
16	R:184-35,5V	74	R:239-27H
17	L:359-35V	75	R:215-29,5H
18	L:04,5-36V	76	R:232-18H
19	R:257,5-36V	77	R:203,5-23,5H
20	R:264-29,5V	78	R:190-19H
21	R:256,5-36,5V	79	L:277-21,5V
22	L:219,5-10,5V	80	L:196-35,5H
23	R:254-32H	81	L:294-15V
24	R:251,5-24,5H	82	L:189-30,5H
25	R:254-27V	83	L:195-32H
26	L:5-40V	84	R:242-14H
27	R:269,5-23V	85	R:177-5H
28	R:272-27V	86	L:185,5-37,5H
29	R:252-36V	87	L:231-21,5V
30	R:257,5-39V	88	R:180-34V
31	L:7,5-39,5V	89	R:184,5-31V
32	R:189-39V	90	R:247,5-38V



33	L:250-35V	91	L:354-36V
34	L:353-34V	92	L:245-36V
35	L:246,5-38V	93	L:183-31H
36	R:263,5-37,5H	94	R:242-23H
37	L:360-41,5V	95	R:220,5-16H
38	L:1,5-39,5V	96	L:251,5-13H
39	R:161-9,5H	97	L:248-14H
40	L:354-37,5V	98	L:243-18H
41	L:319-9,5H	99	L:311-16,5V
42	L:2-32,5V	100	R:223,5-33,5H
43	L:311-2,5H	101	R:274,5-16,5H
44	L:353-5-35V	102	R:231-36H
45	L:248,5-33,5V	103	R:285-22H
46	L:249,5-36V	104	R:239,5-36H
47	L:235,5-38V	105	R:212-35,5V
48	R:179,5-37V	106	R:212-35V
49	R:255-36H	107	R:238,5-37,5H
50	L:178,5-35H	108	R:236,5-21H
51	R:255-32,5H	109	R:211,5-21H
52	R:172-38,5V	110	L:194,5-34,5
53	L:315,5-5H	111	L:313-15V
54	R:132-5H	112	L:188-34H
55	R:350-38H	113	R:216,5-35H
56	R:334-6H	114	L:281-19H
57	L:252-35V	115	R:231,5-24H
		116	R:230,5-21H

## PMN-35B

Medida	Dados Platina		
1	L:244-33V	66	L:350-30H
2	R:340-18H	67	L:241-33V
3	L:242-3H	68	L:221-16V
4	R:338-16H	69	L:239-33V
5	R:351-16H	70	L:252-20V
6	R:248-31H	71	L:247-21V
		72	R:295-19V

7	R:340-14H	73	R:202-24H
8	L:243-3V	74	L:229-34V
9	R:241-14H	75	L:241-14H
10	R:344-14H	76	L:240-35V
11	L:236-34V	77	R:303-29V
12	R:336-17H	78	L:219-19V
13	R:348-9H	79	L:235-34V
14	R:285-27V	80	L:244-35V
15	L:239-34V	81	L:233-34V
16	R:274-33V	82	R:341-19H
17	R:306-29V	83	R:196-20V
18	L:241-36V	84	R:259-8H
19	R:298-30V	85	L:234-34V
20	R:8-3H	86	R:343-11H
21	R:270-33V	87	L:233-32V
22	R:350-26H	88	L:240-36V
23	L:231-31V	89	L:239-31V
24	L:240-34V	90	L:233-34V
25	L:234-31V	91	L:15-8V
26	L:235-29V	92	R:303-30V
27	L:238-27V	93	R:315-29V
28	R:345-10H	94	R:317-30H
29	L:242-33V	95	L:233-32V
30	R:288-15V	96	L:13-19H
31	L:228-31V	97	L:231-34V
32	L:243-28V	98	L:236-29V
33	L:243-31V	99	L:222-9H
34	R:262-9H	100	R:276-22V
35	L:240-28V	101	L:231-20V
36	R:2340-11H	102	R:345-30H
37	L:233-30V	103	L:214-21V
38	L:240-34V	104	R:350-26H
39	R:311-33V	105	L:243-13H
40	L:334-23H	106	L:241-34V
41	L:231-4H	107	L:1-14V

42	R:306-27V	108	L:245-33V
43	R:296-3H	109	R:199-16V
44	R:202-19H	110	L:356-15V
45	R:355-29V	111	L:241-29V
46	L:254-19H	112	R:337-7H
47	R:304-34V	113	R:200-21V
48	L:302-5H	114	L:208-8H
49	R:283-31V	115	R:246-23V
50	R:346-14H	116	L:359-12H
51	R:224-17H	117	R:18-25V
52	R:305-29V	118	R:351-22V
53	R:347-14H	119	R:315-25V
54	L:238-30V	120	R:196-18V
55	R:334-19H	121	L:346-17V
56	L:2340-27V	122	L:239-28V
57	R:342-11H	123	L:240-36V
58	L:2-15V	124	R:256-36H
59	R:263-10H	125	L:246-33V
60	L:306-19H	126	R:346-23H
61	L:237-25V	127	L:241-34V
62	L:250-33V	128	L:238-32V
63	L:232-31V	129	L:230-33V
64	L:240-33V	130	L:239-33V
65	L:227-12H	131	L:218-4H
		132	L:246-34V
PMN-35			
Medida	Dados Platina	66	L:353-29,5H
1	R:318-30V	67	R:326,5-24V
2	R:323-13,5V	68	L:6,5-24H
3	L:281-25H	69	L:287-37H
4	L:319-33,5V	70	R:283-10V
5	L:278,5-24H	71	L:345,5-32H
6	R:315-33V	72	R:305-4V
7	L:288-34H	73	L:287-38,5H

8	L:335-39V	74	L:296-34H
9	L:324-37,5V	75	L:325,5-38,5V
10	L:334-35V	76	L:288-36H
11	L:327-35,5V	77	L:325-36V
12	L:250,5-13,5V	78	L:320,5-39,5V
13	L:329,5-39,5V	79	L:325,5-38,5V
14	L:326-39,5V	80	L:276-17,5V
15	L:251,5-13,5V	81	L:324-36V
16	L:292,5-39,5H	82	L:3-36,5H
17	L:255,5-15,5V	83	L:324-27V
18	L:319,5-33V	84	L:315-34V
19	L:291,5-32H	85	R:350-30,5V
20	L:329-33,5V	86	L:326,5-39V
21	L:325-39V	87	R:349-35,5V
22	L:255-14,5V	88	L:298,5-39,5V
23	L:319-39V	89	R:347,5-28V
24	L:326-39,5V	90	L:318-37,5V
25	L:333-40,5V	91	L:326-37,5V
26	R:290-15V	92	L:323-38V
27	R:200,5-29,5H	93	L:286-34H
28	L:332-39V	94	L:301,5-33,5H
29	L:294,5-33H	95	L:325,5-32,5V
30	L:323,5-38,5V	96	R:311,5-33,5V
31	R:317-31V	97	L:295-37H
32	L:311-33V	98	L:325-36,5V
33	L:341-35H	99	L:293,5-36H
34	L:344,5-36H	100	L:297-33H
35	L:352-34H	101	L:327,5-28V
36	L:358,5-23,5H	102	R:334-30,5V
37	L:343,5-23H	103	L:285,5-33,5H
38	R:322,5-27V	104	L:292,5-35,5H
39	L:266,5-19V	105	L:337-20,5V
40	L:8,5-30H	106	L:306-37,5H
41	R:193,5-28,5H	107	L:32-38H
42	L:272,5-21V	108	L:350,5-25H

43	L:275-18,5V	109	L:350,5-24,5H
44	R:185-36H	110	L:317-29,5H
45	L:332-38V	111	L:296-38H
46	R:326-39,5H	112	L:299-34H
47	L:355,5-33,5H	113	L:291-39H
48	L:294,5-35,5H	114	L:300-32,5H
49	L:254,5-12V	115	L:342-32H
50	L:273-38,5H	116	347,5-29,5H
51	L:320-28,5V	117	L:301,5-37,5H
52	L:316,5-34V	118	L:304-38H
53	L:340-29H	119	L:275-405H
54	L:351,5-35,5H	120	L:280-37V
55	L:280-35H	121	L:328,5-19,5H
56	L:345,5-26H	122	L:291-35H
57	L:312-33V	123	L:347,5-36H
58	L:346-16H	124	R:324-37H
59	L:358,5-25,5H	125	L:316-37,5V
60	L:343-37V	126	L:332,5-30H
61	L:297,5-28,5H	127	L:335,5-37V
62	L:342,5-31V	128	L:298-38H
63	L:226-4,5H	129	L:305-38H
64	L:281-27,5V	130	L:323-28,5V
65	L:314-27V	131	L:293-37,5H
		132	L:324-31,5V

APÊNDICE B

Análises da química mineral

Weight	Group : 26_08_15		Sample: 26_08_15_0003_QNT		Page	1	
No.	Na2O		MgO		F	Al2O3	SiO2
1	0,134		12,749		0	0,216	5,408
2	0,144		11,815		0	0,428	5,408
3	2,395		0		0	32,53	
4	2,565		0,017		0	32,542	4,286
5	0,069		11,665		0,368	16,159	3,078
6	0,081		11,583		0,281	15,772	3,078
7	0,16		12,334		0	0,342	5,408
8	0,231		14,859		0	3,078	5,408
9	2,207		0		0	32,944	4,286
10	2,475		0,02		0	33,44	4,286
11	0,026		11,542		0,242	16,778	3,078
12	0,072		15,921		0	1,101	5,408
13	0,079		15,565		0	1,025	5,408
14	2,654		0,003		0	32,969	4,286
15	3,061		0,034		0	31,785	5,408
16	0,578		13,081		0,048	6,136	5,408
17	0,573		13,369		0	5,408	5,408
18	0,813		0,008		0	18,265	6,136
19	0,59		0,02		0	18,671	6,136
20	0,18		12,32		0	0,259	5,408
21	0,275		15,068		0	3,371	5,408
22	0,759		0,002		0	18,701	6,136
23	2,453		0,049		0	32,94	4,286
24	4,286		0,002		0	30,391	5,408
25	0,083		12,16		0,401	16,471	3,078
26	0,074		12,704		0,386	16,164	3,078
27	1,662		8,591		0,064	29,367	3,078
28	0,097		12,107		0	0,175	5,408

29	0,107	12,274	0	0,198	5
30	0,164	11,74	0	0,329	5
31	0,295	12,035	0	0,776	5
32	2,307	0,004	0	32,939	4
33	2,391	0,02	0	33,088	4
34	0,056	10,963	0,401	15,92	3
35	0,123	10,917	0,244	15,973	3
36	0,045	15,186	0	0,438	5
37	0,26	14,103	0	3,328	5
38	0,11	12,83	0	0,339	5
39	0,146	12,077	0	0,292	5
40	2,249	0,022	0	32,953	4
41	2,967	0,172	0	31,952	
42	0,059	11,782	0,369	15,776	3
43	0,003	11,338	0,271	15,661	3
44	0	2,339	0	19,88	3
45	0,095	2,537	0	20,39	3
46	0,008	2,403	0	20,006	
47	0,082	2,137	0	19,97	3
48	0,106	8,238	0,471	15,479	
49	1,729	0	0	33,875	4
50	2,038	0	0	33,565	4
51	0,413	8,949	0,239	17,369	3
52	0,176	9,1	0,543	15,837	
53	1,166	9,184	0,162	10,121	4
54	0,614	9,215	0,087	7,633	4
55	2,001	0,013	0	33,623	4
56	1,934	0	0	33,865	4
57	0,048	8,982	0,432	16,496	3
58	1,03	10,237	0,191	8,827	4
59	0,563	10,771	0,129	13,596	3
60	0,106	9,276	0,634	15,523	3
61	0,12	8,814	0,507	15,322	3



62	1,809	0,04	0	33,169	4
63	1,752	0,011	0	33,823	4
64	0,057	2,395	0	20,396	3
65	0	2,172	0	20,042	
66	0,031	1,686	0	20,374	3
67	1,115	9,313	0,178	10,056	4
68	0,759	9,036	0,042	10,871	4
69	0,208	9,175	0,47	15,343	3
70	0,112	9,112	0,465	15,695	3
71	1,651	0,006	0	33,406	4
72	1,731	0,01	0	33,566	4
73	1,234	8,312	0,18	12,503	4
74	0,125	8,923	0,514	15,47	3
75	0,091	9,76	0,567	16,443	3
76	1,321	0,019	0	34,259	4
77	2,521	0,015	0	32,882	4
78	0,018	2,289	0	20,195	3
79	0,044	2,348	0	20,342	3
80	0	2,465	0	20,079	3
81	0,048	2,295	0	20,305	3
Minim	0	0	0	0,175	
Maxim	4,286	15,921	0,634	34,259	6
Averag	0,826	6,6	0,11	17,753	4
Sigma	1,007	5,575	0,182	11,517	
No. of data 81					

Cl	P2O5	SrO	MnO	NiO	FeO	Cr2O3	V2O3	TiO
0,017	0,031	0	0,744	0	9,156	0	0,027	
0,015	0,001	0,04	0,833	0,019	10,346	0,024	0,022	
0,005	0	0,151	0	0	0,013	0,061	0,018	
0,006	0	0,131	0,046	0,019	0,063	0	0,016	
0,02	0	0,082	0,552	0,04	17,508	0,018	0,044	
0,074	0,009	0	0,391	0	18,131	0,03	0,118	
0	0,007	0	0,786	0,085	9,973	0	0,044	
0,014	0,036	0	0,648	0,069	13,786	0,022	0,041	
0,029	0,011	0,093	0,085	0	0,114	0,018	0,031	
0,011	0,02	0,215	0,008	0	0,124	0	0,054	
0,034	0	0,033	0,338	0	17,556	0	0,103	
0,015	0,07	0	0,446	0	12,464	0,023	0,03	
0,005	0,045	0	0,552	0	13,165	0,006	0,005	
0,008	0,068	0,022	0,079	0	0,081	0	0	
0,019	0,008	0,009	0,043	0,037	0,161	0	0	
0	0	0,015	0,746	0	14,957	0,038	0,052	
0	0	0,024	0,79	0	14,341	0	0,068	
0,01	0	0,125	0,054	0	0,023	0	0	
0	0	0	0,08	0,008	0	0	0	
0,008	0,032	0	0,71	0,052	9,508	0,027	0,015	
0	0,046	0,077	0,5	0,004	13,383	0,005	0,035	
0	0,016	0,135	0	0,029	0,018	0	0	
0	0,028	0,116	0	0	0,045	0	0	
0,007	0,012	0,195	0	0	0,171	0,017	0	
0,036	0	0	0,532	0,067	17,299	0,014	0,135	
0,041	0,024	0,072	0,617	0,015	18,013	0,014	0,057	
0,023	0	0	0,165	0,004	7,812	0,069	0,133	
0,003	0	0,052	0,92	0,021	10,266	0	0,053	

0	0,012	0,08	0,907	0,069	10,15	0	0,07
0,017	0	0	0,921	0,01	10,181	0	0,074
0,008	0	0,013	0,905	0	10,507	0,046	0,005
0,013	0	0,155	0	0,023	0,021	0	0
0	0,056	0,101	0,036	0,019	0,073	0,031	0,008
0,023	0	0,069	0,376	0,056	18,093	0,027	0,099
0,042	0	0	0,339	0,044	17,929	0,079	0,102
0,023	0	0	1,091	0	12,816	0,018	0,039
0,016	0	0	1,031	0,008	13,765	0,061	0,074
0	0	0	0,674	0	9,322	0	0,058
0,021	0,067	0	0,917	0,037	10,12	0,005	0,051
0,026	0	0	0,113	0,013	0,1	0,043	0,01
0,016	0,04	0,228	0,054	0	0,558	0	0,007
0	0,015	0	0,458	0,06	18,62	0,063	0,113
0,019	0	0,048	0,431	0	18,466	0,042	0,085
0	0	0,038	5,571	0	26,262	0,08	0
0,02	0	0	5,054	0,031	25,576	0	0
0	0	0	6,15	0,041	26,083	0,045	0,036
0,01	0	0,101	6,11	0	26,139	0	0,034
0,046	0	0	0,463	0,006	22,805	0,069	0,057
0	0,009	0	0,003	0	0,067	0	0,071
0,01	0,041	0,084	0,029	0	0,124	0	0
0,085	0	0	0,427	0,038	22,176	0	0,032
0,052	0,009	0	0,308	0,04	23,079	0,031	0,067
0,022	0,032	0,038	0,871	0,042	19,845	0,013	0,032
0,019	0	0	0,73	0,023	19,216	0	0,02
0,041	0,019	0	0	0	0,095	0	0
0,003	0,047	0,057	0	0	0,212	0	0
0,027	0,009	0	0,199	0,073	21,502	0	0,027
0	0	0	0,749	0,004	18,713	0,029	0,028
0,022	0	0	0,6	0,048	22,072	0,04	0,024
0,016	0	0,137	0,254	0,052	21,937	0	0,034
0,013	0	0	0,334	0,089	22,295	0	0,052

0,017	0	0,026	0	0	0,052	0,003	0,004
0,002	0,053	0,209	0	0,008	0,282	0	0,017
0,003	0,012	0	6,218	0,062	26,082	0,01	0,035
0,008	0	0,034	7,345	0,012	26,236	0,004	0,021
0	0	0	7,967	0,014	25,713	0	0,01
0	0	0	0,717	0	18,936	0,001	0,068
0,004	0	0	0,705	0,01	18,786	0	0,055
0,051	0,091	0,011	0,314	0	20,855	0	0,006
0,028	0,034	0,037	0,352	0,044	20,867	0,003	0,061
0,027	0,007	0,126	0	0,006	0,176	0,041	0
0	0	0,08	0	0	0,015	0,021	0
0,036	0,001	0,032	0,637	0	18,693	0,004	0,06
0,047	0,031	0	0,375	0,002	21,297	0,017	0,029
0,05	0,022	0	0,413	0	22,955	0,078	0
0	0,001	0,012	0	0	0,14	0,018	0
0	0,002	0,245	0,014	0,004	0,069	0,005	0
0,018	0	0	5,98	0	25,869	0	0,023
0	0	0	5,245	0,097	25,6	0,056	0,022
0	0	0	5,728	0,054	25,619	0,048	0,009
0	0	0	6,77	0,012	25,856	0,039	0,019
0	0	0	0	0	0	0	0
0,085	0,091	0,245	7,967	0,097	26,262	0,08	0,135
0,016	0,013	0,044	1,18	0,02	12,611	0,018	0,035
0,018	0,021	0,063	2,048	0,026	9,644	0,023	0,034

Total	Comment
100,208	PMN-16_C1_Px 1 C
100,001	PMN-16_C1_Px 1 B
99,999	PMN-16_C1_Pl 1 C
99,999	PMN-16_C1_Pl 1 B
100	PMN-16_C1_Bt 1 B
99,999	PMN-16_C1_Bt 1 C
100,115	PMN-16_C2_Px 2 C
100	PMN-16_C2_Px 2 B
99,998	PMN-16_C2_Pl 2 C
100,035	PMN-16_C2_Pl 2 B
100	PMN-16_C2_Bt 2
100,001	PMN-16_C3_Px 3 C
100,003	PMN-16_C3_Px 3 B
100,81	PMN-16_C3_Pl 3 C
100,362	PMN-16_C3_Pl 3 B
100,002	PMN-16_C3_Bt 3 B
100,001	PMN-16_C3_Bt 3 C
100,002	PMN-16_C3_Micr 1 C
99,998	PMN-16_C3_Micr 1 B
100,001	PMN-16_C4_Px 4 C
100	PMN-16_C4_Px Alterado
99,999	PMN-16_C4_Micr 2
100,001	PMN-16_C4_Pl 4 C
100	PMN-16_C4_Pl 4 B
99,998	PMN-16_C4_Bt 4 B
99,999	PMN-16_C4_Bt 4 C
100,001	PMN-16.1_C1_Ch1 1
100,547	PMN-16.1_C2_Px 1 C

100,001 PMN-16.1\_C2\_Px 1 B  
100,141 PMN-16.1\_C2\_Px 2 C  
100 PMN-16.1\_C2\_Px 2 B  
100,003 PMN-16.1\_C2\_Pl 1 C  
100,002 PMN-16.1\_C2\_Pl 1 B  
99,999 PMN-16.1\_C2\_Bt 1 B  
100,003 PMN-16.1\_C2\_Bt 1 C  
99,999 PMN-16.1\_C3\_Px 3 C  
99,999 PMN-16.1\_C3\_Px 3 B  
100,001 PMN-16.1\_C3\_Px alterado C  
99,999 PMN-16.1\_C3\_Px alterado B  
100 PMN-16.1\_C3\_Pl 2 C  
100,001 PMN-16.1\_C3\_Pl 2 B  
99,998 PMN-16.1\_C3\_Bt 2 B  
99,999 PMN-16.1\_C3\_Bt 2 C  
99,999 PMN-29.1\_C1\_Grt 1.1  
99,997 PMN-29.1\_C1\_Grt 1.2  
100 PMN-29.1\_C1\_Grt 1.3  
100,002 PMN-29.1\_C1\_Grt 1.4  
100 PMN-29.1\_C1\_Bt 1 inclusao  
100 PMN-29.1\_C1\_Pl 1 C  
100 PMN-29.1\_C1\_Pl 1 B  
100 PMN-29.1\_C1\_Bt 2 B  
99,997 PMN-29.1\_C1\_Bt 2 C  
100,004 PMN-29.1\_C2\_Hbl 1 C  
99,998 PMN-29.1\_C2\_Hbl 1 B  
99,998 PMN-29.1\_C2\_Pl 2 C  
100,002 PMN-29.1\_C2\_Pl 2 B  
100,001 PMN-29.1\_C2\_Bt 3  
100,002 PMN-29.1\_C3\_Hbl 2 C  
100,002 PMN-29.1\_C3\_Hbl 2 B  
99,999 PMN-29.1\_C3\_Bt 4 B inclusao  
100,002 PMN-29.1\_C3\_Bt 4 C inclusao

99,999 PMN-29.1\_C3\_Pl 3 C inclusao  
100 PMN-29.1\_C3\_Pl 3 B inclusao  
100,003 PMN-29.1\_C3\_Grt 2  
100 PMN-29.1\_C3\_Grt 3 C  
100 PMN-29.1\_C3\_Grt 3 B  
100,001 PMN-29\_C2\_Hbl 1 C  
100,001 PMN-29\_C2\_Hbl 1 B  
99,998 PMN-29\_C2\_Bt 1 C  
100,002 PMN-29\_C2\_Bt 1 B  
100,003 PMN-29\_C2\_Pl 1 B  
100 PMN-29\_C2\_Pl 1 C  
100 PMN-29\_C3\_Hbl 2 C  
100,001 PMN-29\_C1\_Bt 2 C  
100 PMN-29\_C1\_Bt 2 B  
100 PMN-29\_C1\_Pl 2 B  
99,999 PMN-29\_C1\_Pl 2 C  
100,002 PMN-29\_C1\_Grt 1.1  
100 PMN-29\_C1\_Grt 1.2  
100,001 PMN-29\_C1\_Grt 1.3  
99,999 PMN-29\_C1\_Grt 1.4

99,997  
100,81  
100,028  
0,117



No.	Na2O	MgO		F	Al2
1		7,908	0,016	0	2
2		8,094	0	0	2
3		0,151	9,186	0,212	
4		0,156	8,689	0,3	1
5		0,03	4,244	0	2
6		0,045	4,181	0,024	2
7		0,034	3,887	0	2
8		0,004	4,872	0	2
9		0,026	4,635	0	2
10		0,033	4,671	0	2
11		0,017	4,101	0	2
12		7,463	0	0	2
13		7,968	0,042	0	2
14		0,365	6,993	0,033	1
15		0,182	9,128	0,284	
16		0,078	11,136	0,388	
17		0,081	11,512	0,239	1
18		2,66	0,009	0	3
19		2,619	0,006	0	3
20		0,104	10,852	0,345	1
21		0,297	11,615	0	
22		0,22	10,833	0,244	1
23		2,696	0,017	0	
24		2,587	0,034	0	
25		8,403	0	0	2
26		7,904	0,018	0	2
27		0,135	11,227	0,309	
28		0,186	11,143	0,456	1
29		0,032	2,705	0,008	
30		0	2,688	0,057	2
31		0,009	2,647	0,059	2
32		0,027	2,503	0,002	2

33	7,239	0,008	0	2
34	8,006	0,019	0	2
35	0,222	5,977	0,308	1
36	0,035	0	0	
37	0,014	0,017	0	
38	0	0,014	0	
39	0	2,55	0,005	1
40	0,064	2,619	0	
41	0,006	2,411	0	2
42	0,03	2,406	0	2
43	8,005	0,021	0	
44	8,5	0	0	2
45	0,139	6,137	0,454	
46	0,283	5,798	0,368	1
47	0,047	2,756	0,004	2
48	0,066	2,792	0	2
49	0,002	2,189	0	2
50	7,39	0,009	0	2
51	8,709	0	0	2
52	0,177	6,51	0,443	1
53	0,159	5,084	0,266	1
Minimum	0	0	0	
Maximum	8,709	11,615	0,456	
Average	2,068	3,791	0,091	2
Sigma	3,298	3,898	0,151	
No. of data	53			

K2O	Cl	P2O5	SrO	MnO	NiO	FeO	Cr2O3	V
0,312	0,005	0	0,146	0,018	0	0,013	0,02	
0,229	0,009	0,184	0,068	0	0	0,085	0,019	
9,756	0,022	0	0,052	0,09	0	18,917	0,054	
9,601	0,066	0,001	0	0,238	0,081	19,837	0,053	
0	0	0,043	0	2,597	0,031	33,453	0,003	
0,013	0	0,042	0,107	2,787	0	33,646	0,041	
0	0	0,099	0	3,534	0	33,506	0,023	
0,003	0,026	0	0,044	2,272	0,01	33,124	0	
0,035	0	0,056	0,047	2,457	0	33,48	0	
0	0,002	0	0	2,419	0	33,074	0,022	
0	0,009	0	0,164	2,967	0,014	32,554	0,052	
0,383	0	0,117	0,185	0	0	0	0	
0,157	0,048	0,136	0,107	0	0,052	0,13	0,033	
9,132	0,086	0,005	0,001	0,091	0	18,741	0	
9,517	0,065	0	0	0,171	0	18,756	0,081	
9,79	0,015	0	0,059	0,375	0,061	18,182	0,086	
9,822	0,035	0	0,085	0,488	0,01	17,768	0,037	
0,057	0	0,008	0,159	0	0,044	0,156	0	
0,099	0	0	0,053	0,027	0,14	0,258	0	
9,913	0,025	0	0,062	0,511	0,048	18,843	0,086	
0,013	0,013	0,106	0,049	1,221	0,098	11,69	0,044	
9,656	0,049	0	0	0,308	0,032	18,697	0,077	
0,105	0,031	0	0,075	0	0,004	0,13	0,006	
0,025	0	0,027	0	0	0	0,061	0,013	
0,111	0,01	0,064	0,079	0	0	0,074	0	
0,163	0	0	0,198	0,011	0,094	0,055	0	
9,836	0,033	0	0	0,329	0	18,002	0,029	
9,749	0,062	0,016	0	0,312	0	17,826	0,097	
0,02	0,004	0,057	0,017	1,504	0	37,205	0,035	
0,022	0	0	0,146	1,773	0,012	37,48	0	
0,001	0	0,029	0	1,57	0	37,312	0,042	
0	0,022	0,011	0	1,719	0,008	37,081	0,03	

0,202	0,01	0	0,016	0	0,055	0,019	0
0,181	0,003	0,037	0,145	0	0,025	0,14	0
9,063	0,123	0	0,043	0,137	0	25,052	0
0,015	0,008	0	0	0,622	0,014	46,428	0,016
0,015	0,021	0,063	0,129	0,75	0	47,037	0,056
0	0,009	0,053	0,038	0,604	0,093	46,798	0
0,021	0,001	0	0,036	2,127	0,037	37,745	0,012
0	0,026	0	0,053	2,242	0	37,013	0
0,012	0	0	0	2,268	0,07	36,952	0,049
0	0,015	0	0,126	2,62	0	36,899	0
0,259	0,009	0,033	0,009	0,055	0,061	0,011	0
0,19	0,001	0,033	0,091	0,006	0,004	0,204	0,059
9,333	0,137	0	0,04	0,073	0	24,497	0,002
9,11	0,158	0,006	0,143	0,124	0	25,65	0
0	0,011	0,002	0	2,597	0	36,266	0
0,008	0,013	0,043	0,046	2,582	0,072	36,314	0,044
0	0,003	0,027	0,075	2,951	0	36,431	0
0,236	0,008	0,053	0,142	0,003	0	0,025	0
0,176	0,01	0,021	0	0	0,013	0,087	0
9,493	0,164	0,053	0,001	0	0,004	25,15	0,007
8,61	0,168	0,034	0,012	0,21	0,063	22,182	0,014
0	0	0	0	0	0	0	0
9,913	0,168	0,184	0,198	3,534	0,14	47,037	0,097
2,744	0,029	0,028	0,058	0,939	0,024	20,774	0,023
4,285	0,044	0,04	0,059	1,114	0,034	15,85	0,028

(OH)	Total	Comment
0	101,661	PMN-22A_C1_PI 1 C
0	101,275	PMN-22A_C1_PI 1 B
1,639	100,002	PMN-22A_C1_Bt 1 B
2,824	100	PMN-22A_C1_Bt 1 C
0	100,276	PMN-22A_C1_Grt 1.1
0	100,824	PMN-22A_C1_Grt 1.2
0,448	100,002	PMN-22A_C1_Grt 1.3
0,178	100,002	PMN-22A_C2_Grt 2.1
0	100,672	PMN-22A_C2_Grt 2.2
0	101,117	PMN-22A_C2_Grt 2.3
0,569	99,999	PMN-22A_C2_Grt 2.4
0	101,551	PMN-22A_C2_PI 2 C
0	101,89	PMN-22A_C2_PI 2 B
12,321	100,001	PMN-22A_C2_Bt 2 B
3,153	100,001	PMN-22A_C2_Bt 2 C
2,913	99,999	PMN-16A_C1_Bt 1 C
2,387	99,998	PMN-16A_C1_Bt 1 B
0,309	99,998	PMN-16A_C1_PI 1 B
0	100,349	PMN-16A_C1_PI 1 C
2,604	100	PMN-16A_C1_Px 1 B
0	101,135	PMN-16A_C1_Px 1 C
4,946	100,001	PMN-16A_C2_Bt 2 inclusao
0,789	100,001	PMN-16A_C2_PI 2 B
0	101,239	PMN-16A_C2_PI 2 Bt
0	100,424	PMN-16A_C2_PI 2 C
0	100,495	PMN-16A_C2_PI 2 venula
3,076	99,999	PMN-16A_C2_Bt 3 C
3,37	99,999	PMN-16A_C2_Bt 3 B
0,123	100,001	PMN-19_C1_Grt 1.1
0	100,987	PMN-19_C1_Grt 1.2
0	101,297	PMN-19_C1_Grt 1.3
0	100,652	PMN-19_C1_Grt 1.4

0	100,04	PMN-19_C1_PI 1 C
0	102,344	PMN-19_C1_PI 1 Bt
2,439	100	PMN-19_C1_Bt 1 inclusao
0,011	100,001	PMN-19_C1_IIm 1
0	101,525	PMN-19_C1_IIm 2
0	101,385	PMN-19_C1_IIm 3
0	100,318	PMN-19_C2_Grt 2.1
0	100,138	PMN-19_C2_Grt 2.2
0	100,374	PMN-19_C2_Grt 2.3
0	101,349	PMN-19_C2_Grt 2.4
0	100,611	PMN-19_C2_PI 2 C
0	100,039	PMN-19_C2_PI 2 Bt
2,257	100,001	PMN-19_C2_Bt 2 inclusao
2,949	100	PMN-19_C2_Bt 3
0	100,161	PMN-19_C3_Grt 3.1
0	100,896	PMN-19_C3_Grt 3.2
0	100,667	PMN-19_C3_Grt 3.3
0	100,71	PMN-19_C3_PI 3 C
0	102,474	PMN-19_C3_PI 3 B
2,665	100,001	PMN-19_C3_Bt 4 C
4,387	99,998	PMN-19_C3_Bt 4 B
0	99,998	
12,321	102,474	
1,063	100,545	
2,085	0,674	

## ANEXO A

Organização das páginas nas tabelas do APÊNDICE B.

Página 86	Página 89	Página 92
Página 87	Página 90	Página 93
Página 88	Página 91	Página 94

Página 95	Página 97	Página 99
Página 96	Página 98	Página 100