

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PROVENIÊNCIA DOS METASSEDIMENTOS DAS *NAPPES* ANDRELÂNDIA E  
LIBERDADE NA REGIÃO DE AIURUOCA - MG**

**Gabriella Labate Frugis**

Orientador: Prof. Dr. Mario da Costa Campos Neto

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

(TF-2013 / 22)

SÃO PAULO  
2013

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROVENIÊNCIA DOS METASSEDIMENTOS DAS *NAPPES* ANDRELÂNDIA  
E LIBERDADE NA REGIÃO DE AIURUOCA - MG

Gabriella Labate Frugis

*Gabriella Labate Frugis*



Orientador: Prof. Dr. Mario da Costa Campos Neto

*Mario da Costa Campos Neto*

DEDALUS - Acervo - IGC



30900031895

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
(TF-2013 / 22)

SÃO PAULO  
2013



TF  
F944  
GL p

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ZOOLOGIA

PROVENIÊNCIA DOS ESTABELECIMENTOS DAS ANÍFIS ASINELADAS  
E O SEU PAPEL NA REGIÃO DE SÃO PAULO - SP



Caro Sr. Dr. Fogaça

*Caro Sr. Dr. Fogaça,*

Concedo-lhe o empréstimo de 10 exemplares de

*10 exemplares de*

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA  
(1954-55)

ENCERVA  
1954

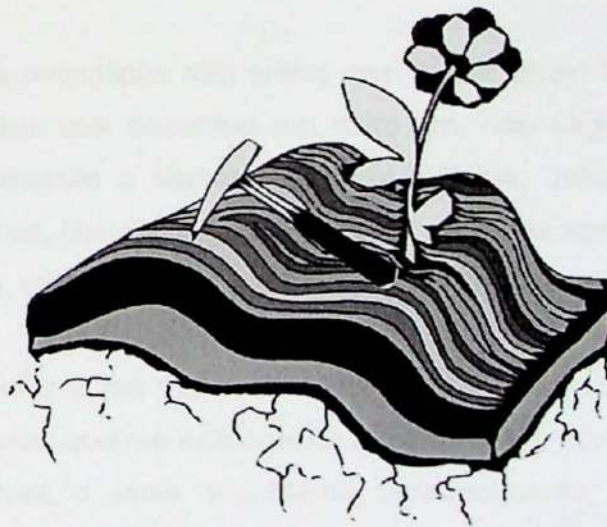
## FLOR EXPERIENTE

Uma flor matizada  
Entreabre-se em meus dedos.  
Já sou terra estrumada  
- é um de meus segredos.

Carece vida lenta  
E mais que lenta, peca,  
Para a cor que ornamenta  
Esta epiderme seca

Assino-me no cálice  
De estrias fraternais.  
O pensamento cale-se.  
É jardim, nada mais.

Carlos Drummond de Andrade



**À mais do que viva**  
Donata D. Labate

***In Memoriam***  
Antonietta B. Frugis, Paulo Frugis e  
Victor Labate, meu avô joalheiro



## AGRADECIMENTOS

Agradeço desde início a pessoa para qual eu tinha receio de expor minhas ideias e opiniões, por receio de ouvir um "QUE!?", mas que muito me encorajou a questionar e discutir os mais diversos assuntos e interpretar os mais diversos dados. Nunca falo isso, também não vou ficar gritando aos quatro ventos, mas te admiro Mario, tanto pessoalmente quanto geologicamente.

Aos motoristas e funcionários, um lugar separado especialmente à eles. Dos cumprimentos matinais (Marcio Adão, Antonio Soares, André Luiz, Eduardo Pardinho, entre outros), ou nas madrugadas (Euquilin Marcos), às conversas e risadas durante os campos (Tomás, Bira, Marciano e outros). Ao Vasco e Samuca, muito obrigada!

Agradeço à Kenga (Alice Westin) pelas ajudas e dicas. Obrigada também ao Cofrinho (Rafael Bittencourt) e Devassa (Laísa de Assis) pelas conversas geológicas durante minha iniciação.

Às amigas que encontrei na turma 52: Cafetina (Ana Laura), Intubada (Beatriz Benetti) e Manuel (Natália Hilbert).

Aos lindinhos, um salve especial, de carinho e amizade: Indigente (Lucas Docal), Fungah (André Pires), Fyona (Diego Daniel), Charula (Marcus André), Dante, Oncinha (Guilherme Iolino, boa sorte em Porto Velho e na CPRM), Dé (André Lobo) e Rabikó (Filipe Camargo).

Aos meus amigos micaélicos não tenho nem o que dizer! Sem vocês eu não seria quem sou, sem a amizade que encontrei em cada um, não seguiria tão facilmente vida afora. Agradeço especialmente a Mayara, Clarissa, Marina, Julia, Tainá, Julio (além de micaélico é geólogo), Lucas, Gui, Fil, Kaidu e Maria. E claro aos agregados, Pedro, Paulinho e Marcelo, que é como se estivessem presentes desde sempre! À uma amizade mais recente, Camila.

À pessoa que me fez e me faz sentir mais do que andando nas nuvens. À pessoa que me acalma e me diverte, que me enlouquece e me envolve. Fladmir, te amo.

Por último, e talvez o mais importante agradecimento, faço à minha família, principalmente aos meus pais e irmão, pelo interesse em conhecer o mundo e que desde pequena me levaram à lugares nos quais meu interesse por geologia e natureza só se enraizaram dentro de mim. Agradeço meus tios pelo reconhecimento, incentivo e pelas conversas que tivemos.



## Sumário

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	9
3.1 Trabalho de campo.....	9
3.2 Seções delgadas .....	10
3.3 Geoquímica isotópica mineral .....	10
3.3.1 Sistema isotópico U-Pb em zircão detrítico.....	11
3.4 Geoquímica elemental e geoquímica isotópica em rocha total.....	12
3.4.1 Análise de elementos maiores, menores e traços por FRX.....	12
3.4.2 Sistema isotópico Sm-Nd.....	12
3.4.3 Sistema isotópico Rb-Sr .....	13
3.5 Elaboração da monografia .....	13
4. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES PRÉVIAS.....	14
4.1 Geologia local e petrografia.....	14
4.1.1 <i>Nappe</i> Andrelândia .....	14
4.1.2 <i>Nappe</i> Liberdade.....	15
4.2 Metamorfismo .....	28
4.2.1 <i>Nappe</i> Andrelândia .....	28
4.2.2 <i>Nappe</i> Liberdade.....	30
4.3 Análise estrutural .....	34
4.3.1 Seções geológicas e localização dos afloramentos.....	34
4.3.2 Análise da estrutura nas imediações do Pico do Papagaio.....	35
4.4 Geoquímica.....	40
4.4.1 Elementos maiores e menores .....	41
4.4.2 Sistema isotópico Sm-Nd.....	44

4.4.3 Geoquímica e o contexto tectônico das áreas-fonte.....	45
4.5 Geocronologia.....	47
4.5.1 <i>Nappe</i> Andrelândia .....	48
4.5.2 <i>Nappe</i> Liberdade.....	55
5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES .....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## ANEXOS

1. Petrografia e Fotomicrografias	
2. Tabela de Pontos	
3. Tabela dos Resultados das Análises por LA-ICP-MS	
3.1 Amostra SNA-116	
3.2 Amostra SNA-125	
3.3 Amostra SNA-169	
3.4 Amostra SNA-172 E	
3.5 Amostra SNA-180 A	
3.6 Amostra SNA-201	
4. Tabelas dos Resultados das Análises Geoquímicas	
4.1 Elementos maiores e menores	
4.2 Elementos traço	
5. Mapa de Pontos	



## RESUMO

O estudo da proveniência sedimentar em cristais de zircão detrítico é suportado por análises geoquímicas e geocronológicas que trabalhados juntos tendem a indicar uma ou mais possíveis fontes para os sedimentos. Tais análises foram realizadas em rochas metassedimentares das *Nappes* Andrelândia e Liberdade na porção sul do Estado de Minas Gerais. A partir das assinaturas geoquímicas e isotópicas os sedimentos dos metapelitos (Liberdade) indicaram forte contribuição crustal com predominância de intemperismo químico relacionado a áreas cratônicas, enquanto que as rochas metapsamíticas (Andrelândia) apontaram para uma contribuição mantélica mais significativa, com intemperismo físico mais presente do que o químico, estando relacionado a áreas orogênicas estáveis. As idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  em zircões detríticos indicam contribuições significativas do Mesoproterozóico a meados do Paleoproterozóico para rochas quartzíticas (amostras SNA-116 e SNA-180 A), enquanto que as rochas provenientes de sedimentos mais finos, apontam para contribuição significativa de fontes do Criogeniano e Toniano, além de grande presença de zircão com idades do final do Mesoproterozóico ao início do Paleoproterozóico.

**Palavras-chave:** *Sistema de Nappes Andrelândia; proveniência de metassedimentos; geoquímica.*

## ABSTRACT

The study of sedimentary provenance in detrital zircons is supported by geochemical and geochronological analyses that worked together tend to indicate one or more possible sources for the sediments. These analyses were made in metasedimentary rocks of the Andrelândia and Liberdade *Nappe* in the southern portion of the state of Minas Gerais. The geochemical and isotopic signatures of the metapelitics rocks (Liberdade) indicated strong crustal contribution with predominance of chemical weathering relating to cratonic areas, while the *metawacke* rocks (Andrelândia) indicated a more significant mantle contribution with physical weathering more present, being correlated to orogenic areas.  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  and  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages for detrital zircons indicate significant contributions of the Mesoproterozoic to mid-Paleoproterozoic for the quartzite rocks (samples SNA-116 and SNA-180 A), whereas the rocks from finer sediments indicate significant contribution of sources with Cryogenian and Tonian ages, besides the large presence of zircon ages of late Mesoproterozoic to early Paleoproterozoic.

**Palavras-chave:** *Andrelândia Nappe System; metasediments provenance; geochemistry.*



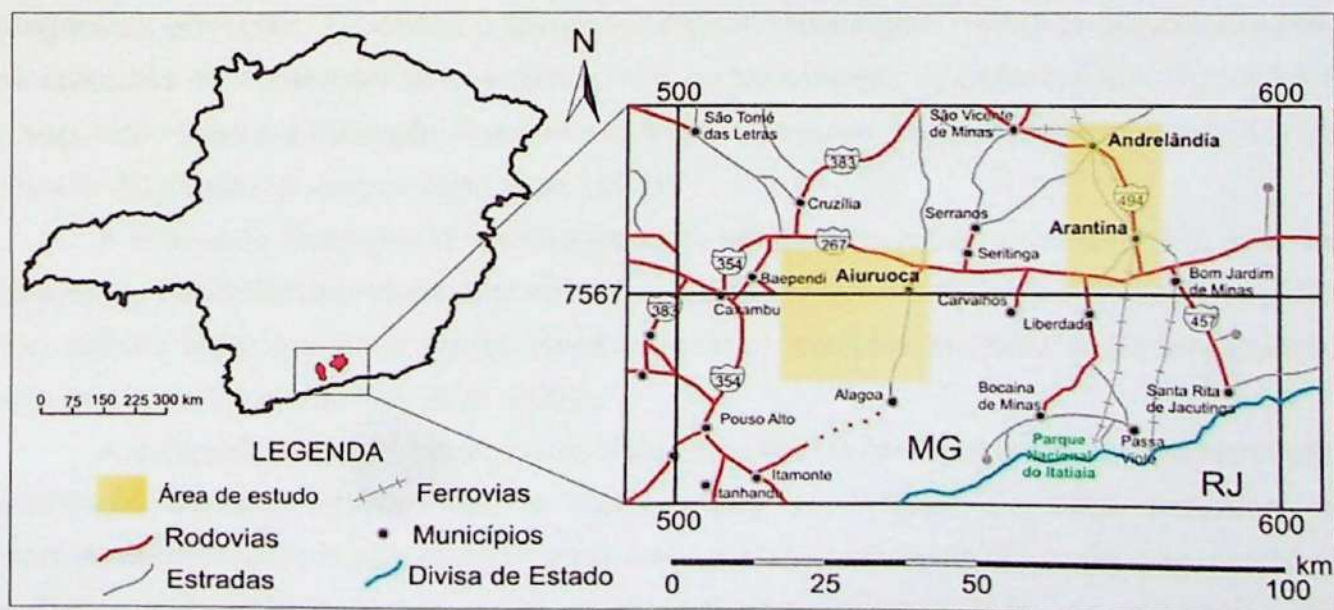
## 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O conhecimento da paleogeografia dos depósitos e do ambiente tectônico da área-fonte de unidades litoestratigráficas é relevante para o estudo e compreensão da evolução do planeta e do comportamento de massas continentais ao longo do tempo geológico.

Análises petrográficas, metamórficas, estruturais, geocronológicas e geoquímicas são ferramentas indispensáveis para esboçar eventos geotectônicos ocorridos nas mais diversas localidades e então, poder ordená-los na linha do tempo geológico. Estudos como estes são de grande importância para o entendimento de como os fenômenos geológicos atuaram e ainda atuam e como se dá a transição entre ambientes tectônicos e suas relações através do tempo.

O objetivo principal desenvolvido nesse Trabalho de Formatura é o estudo da proveniência de rochas metassedimentares, provavelmente oriundas de um domínio de ante-arco, inseridas em um contexto de subducção seguida por colisão entre dois blocos pré-Brasilianos, que originaram extensas faixas de rochas deformadas.

As rochas metassedimentares intensamente deformadas inseridas no contexto do Orógeno Brasília Meridional, no sudeste mineiro, são alvos especialmente importantes para estudos como este, pois é possível esboçar os eventos geotectônicos que ali ocorreram desde a deposição de seus sedimentos até a própria deformação e exumação desses pacotes. O estudo da proveniência desses sedimentos auxiliará na reconstrução da paleogeografia, no final do proterozóico, da Província Estrutural Tocantins (Schobbenhaus e Brito Neves 2003), da fragmentação de Rodinia (Li *et al.* 2008; Cordani *et al.* 2003) à articulação do Oeste-Gondwana (Cawood 2005; Pisarevsky *et al.* 2008).



**Figura 1.** Localização, em vermelho, dos municípios de Aiuruoca, Andrelândia e Arantina e da área de estudo, em amarelo. Imagem adaptada do Mapa Rodoviário do DER-MG.



A história sedimentar e tectônica da porção sul da Faixa Brasília ainda carece de um estudo de proveniência dos sedimentos que estabeleça melhor correlação entre as séries metasedimentares e suas prováveis áreas-fonte nos domínios orogênicos internos ou nas bordas cratônicas.

O objeto de estudo do presente Trabalho de Formatura são metassedimentos da *Nappe* Liberdade e da *Nappe* Andrelândia nas proximidades dos municípios de Aiuruoca, Arantina e Andrelândia, na porção sul Estado de Minas Gerais (figura 1).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo de convergência das massas originadas a partir da quebra de Rodinia e que culminaram na aglutinação e formação de Gondwana variou em grau de intensidade e época de colisão, resultando em uma colagem diacrônica (Brito Neves *et al.* 1999). Esses descendentes de Rodinia se comportaram como placas, microplacas, microcontinentes e terrenos durante o Neoproterozóico e início do Cambriano e a partir de suas interações originaram arcos magmáticos e domínios colisionais que hoje são referidos como as Faixas Móveis Brasileiras/Pan Africanas (Brito Neves *et al.* 1999).

A Colagem Orográfica Brasileira refere-se às diversas orogêneses que deram origem à porção ocidental do supercontinente Gondwana. O termo sistema orogênico refere-se a um conjunto de orógenos resultantes da interação entre diversas placas e terrenos, respectivamente. A aglutinação destes terrenos originam protocontinentes que antecedem a construção de um supercontinente (Campos Neto *et al.* 2004).

No sudeste brasileiro, a Colagem Brasileira é representada por dois sistemas orogênicos principais: Tocantins e Mantiqueira (Brito Neves *et al.* 1999). O primeiro sintetiza os episódios de convergência que culminaram no fechamento do paleo-oceano Goianides e o segundo registra a interação entre microplacas e terrenos, relacionada ao fechamento do oceano Adamastor (Campos Neto *et al.* 2004).

A Província Tocantins é representada ao sul do Cráton São Francisco pela pilha de *nappes* da Faixa Brasília Meridional em um contexto neoproterozóico de subducção seguida por colisão entre as paleoplacas Sanfranciscana, margem passiva, e Paranapanema, margem ativa (Campos Neto *et al.* 2007).

A compartimentação tectônica da Faixa Brasília Meridional é dada em três domínios principais: domínio interno, que é representado por rochas de altas temperaturas consideradas do arco magmático e constituintes da *Nappe* Socorro-Guaxupé (Campos Neto e Caby 1999, 2000); domínio continental subductado, representado por rochas de alta pressão e constituintes do Terreno Andrelândia (Campos Neto e Caby 1999, 2000; Trouw *et al.* 2000); e domínio externo de margem continental passiva representado pelo Sistema de *Nappes* Carrancas (Trouw *et al.* 2000) e *Nappe* Lima Duarte (Campos Neto *et al.* 2004).



O Terreno Andrelândia ou Sistema de *Nappes* Andrelândia, em sua porção oriental, é representado por uma pilha metamórfica de cerca de 4.500 metros de espessura e é composto por três estruturas alóctones maiores (Campos Neto *et al.* 2007). O alóctono superior, *Nappe* Pouso Alto e *klippen*: metapelitos e metawackes sob condições metamórficas de fácies granulito de alta pressão (825-850°C, 12-15 kbar; Campos Neto *et al.* 2004 e 2010). Alóctono intermediário, *Nappe* Liberdade: sequência de rochas metapelíticas, metapsamíticas e calciossilicáticas subordinadas, com lascas de rochas retroeclogíticas. É o registro de crosta continental subductada em profundidades mínimas de 60 km (Campos Neto e Caby, 1999). A *Nappe* Andrelândia, alóctono inferior, apresenta uma coluna litoestratigráfica representada na base por metapelitos, seguidos por *metawackes* e estes por uma sequência metapelito-psamítica.

Segundo Ribeiro & Trouw (1995), essas unidades desenvolveram-se sobre um embasamento pré-Estateriano e duas bacias sedimentares mesoproterozóicas (São João del Rei e Carandaí). Consideram-as em uma bacia de margem passiva neoproterozóica (Andrelândia). As duas bacias mais antigas sofreram inversão e fechamento decorrente de eventos tectônicos extensionais, enquanto que a bacia mais jovem foi fechada por eventos termo-tectônicos multi-episódicos brasileiros, o que propiciou que esta atingisse as mesmas sucessões das duas bacias mais antigas assim como do próprio embasamento (Trouw *et al.* 1995).

A reconstrução da Bacia Andrelândia é dificultada pela aloctonia de suas unidades, mas foi possível esboçar um modelo evolutivo que aponta a reativação de falhas que provocaram o soerguimento do embasamento, e que essa mudança originou e estabeleceu a borda da bacia (Trouw *et al.* 1995).

A unidade basal é constituída por paragneisses ("gnaissinho") que ocorrem na forma de camadas lenticulares com espessura até decamétrica. Sua composição quartzo-feldspática e sua assinatura geoquímica sugerem interpretá-lo como sendo depósitos epiclásticos areníticos, originados a partir da erosão do próprio embasamento. A unidade sobreposta é composta de quartzitos com paragneisses intercalados e é interpretado como sendo o avanço de um mar raso plataformar. Essas unidades gradam para quartzitos e então para xistos com escassas intercalações de quartzitos, o que foi interpretado como sendo o resultado de uma brusca ascensão do nível do mar. Quase no topo da sequência encontra-se um biotita-xisto/gnaiss homogêneo com dezenas a centenas de metros de espessura e por fim uma associação de xistos, gnaisses, anfibolitos e rochas calciossilicáticas (Trouw *et al.* 1995).

A *Nappe* Andrelândia é dividida litoestratigraficamente da base para o topo: Xisto Rio Capivari, Xisto Santo Antônio e Xisto Serra da Boa Vista. O Xisto Rio Capivari é composto por uma série predominantemente metapelítica de até 750 m, com raras intercalações de rochas metapsamíticas e metamáficas (Campos Neto *et al.* 2007). São xistos



porfiroblásticos ricos em mica, com porfiroblastos de granada e aluminossilicatos (cianita e/ou sillimanita). O limite inferior desta formação corresponde à própria superfície de deslocamento da *nappe*. O Xisto Santo Antônio (Trow *et al.* 1983) aflora na forma de grandes lajes arredondadas e de cor cinza escuro. Na área-tipo, essa unidade apresenta espessura aparente de aproximadamente 850 m. Pode ocorrer como janela estrutural sob a *Nappe* Liberdade e é a formação que define o duplex da *Nappe* Andrelândia, onde a *Klippe* Pico do Papagaio é a estrutura principal. O Xisto Santo Antônio corresponde a *metawackes* onde o litotipo predominante é um granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto homogêneo, de textura predominante granoblástica no geral equigranular. O Xisto Serra da Boa Vista, unidade de topo da *Nappe* Andrelândia, pode ultrapassar 800 m. A norte ocorrem rochas metapsamíticas compostas por muscovita quartzitos e muscovita-quartzo xisto, com lentes ortoquartzíticas e subordinadamente cianita-granada-muscovita-quartzo xistos porfiroblásticos.

A *Nappe* Liberdade corresponde a uma pilha dominada por metassedimentos pelíticos. Gnaisses e fels calciossilicáticos são frequentes assim como lascas de rochas metamáficas e metaultramáficas, fels mangnesífero (gondito) e ferífero. A subdivisão de suas unidades se dá em: Ortognaisses, Migmatitos Alagoa, Quartzitos Pacote, Micaxistos, Metaultramáficas e Retro-Eclogitos.

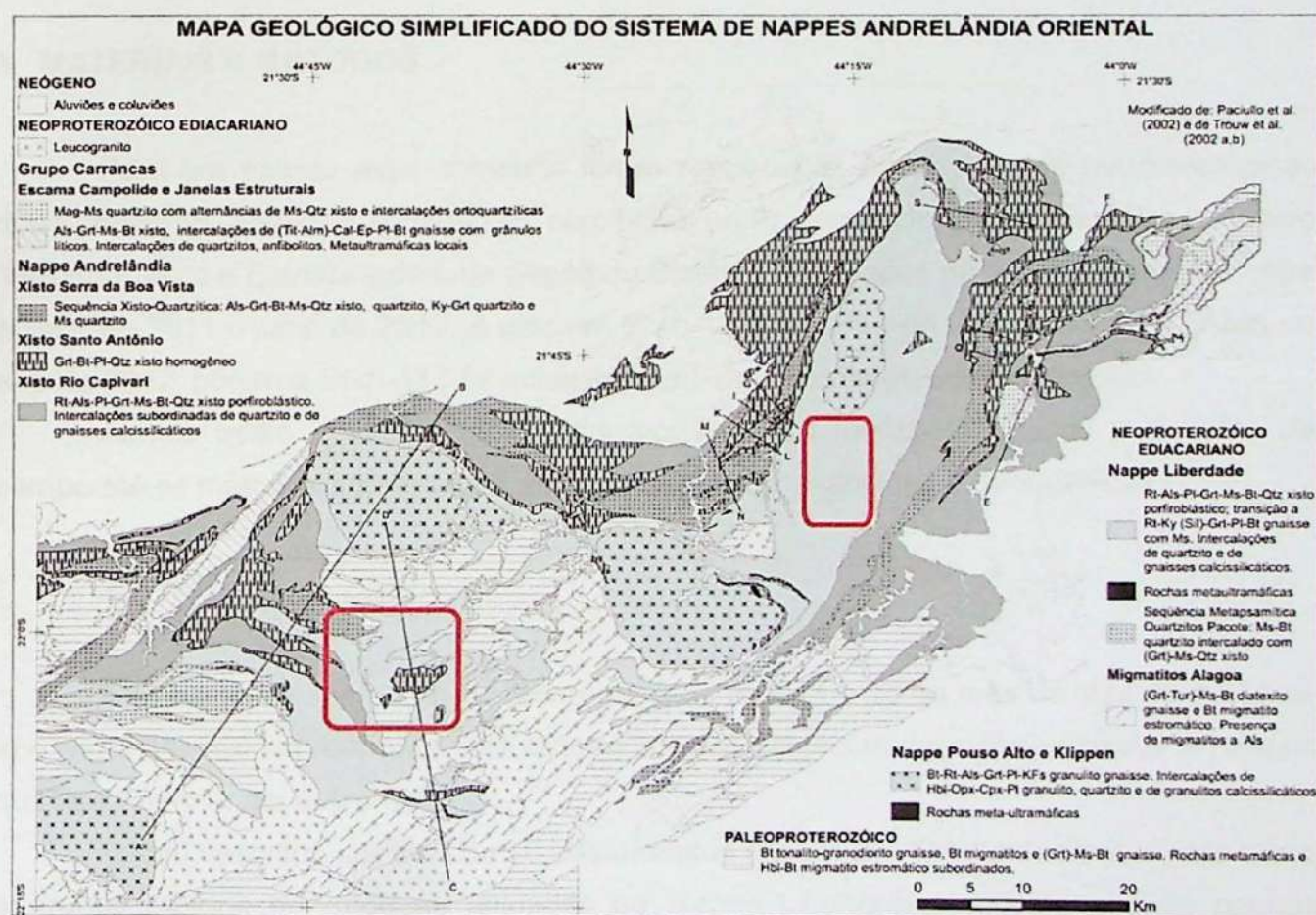
Os Ortognaisses ocorrem em fatias descontínuas de até 500 m de espessura, são: hornblenda-biotita gnaisses e biotita gnaisses granodiorito-tonalíticos, leucocráticos; unidade gnáissica decimétrica a métrica caracterizada pela alternância de biotita tonalito gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses e anfibolitos a biotita; muscovita-biotita gnaisses com granada finamente bandados; biotita diatexitos de composição leuco-tonalítica. Os Migmatitos Alagoa são representados por um conjunto de rochas diatexiticas e metatexiticas associadas a corpos de leucogranitos. São frequentes os biotita diatexitos e metatexitos; diatexitos com granada, cinza e inequigranulares; diatextito estromático. Os leucogranitos são granitos e granodioritos hololeucocráticos de cor clara, a muscovita, biotita, turmalina e rara granada.

Os Quartzitos Pacote são representados por muscovita quartzitos brancos que gradam para ortoquartzitos e para muscovita-quartzo xistos, chegando a espessuras de até 200 m. A unidade dos Micaxistos constitui o pacote predominante na *nappe*, chegando a espessuras de até 3000 m. O litotipo principal é um rutilo-(ilmenita-sillimanita)-cianita-granada-plagioclásio-muscovita-biotita xisto porfiroblástico, que grada para rochas mais quartzosas. Ocorrem frequentemente gnaisses calciossilicáticos de até 50 m, anfibolitos, granada anfibolitos e clinopiroxênio-granada anfibolitos. As Metaultramáficas e Retro-Eclogitos ocorrem localmente e são frequentes no contato tectônico basal da *nappe*. São xistos a talco, clorita e antofilita e clorita-olivina fels.



A Serra do Pico do Papagaio e as proximidades do município de Aiuruoca foram estudadas em detalhe por Valeriano (1983), que sintetizou as unidades que ali ocorriam, descrevendo distintas fases de deformação e picos metamórficos registrados pelas rochas.

Valeriano (1983) separou as unidades do Grupo Andrelândia que ali ocorrem em três grupos: (i) a unidade A é constituída por xistos e quartzos xistos com intercalações de quartzitos que variam de puros a micáceos e a mineralogia é representada por quartzo, muscovita, biotita, plagioclásio, granada, cianita e rutilo, localmente com sillimanita; (ii) a unidade B é representada por um gnaiss bandado constituído de quartzo, muscovita, biotita, plagioclásio e subordinadamente microclínio e pode apresentar migmatização com neossoma formando bandas descontínuas; (iii) a unidade C é constituída por um sillimanita-cianita-granada-muscovita-biotita gnaiss cortado por veios descontínuos de quartzo e pode apresentar, assim como a unidade B, migmatização incipiente e aflora geralmente na forma de grandes paredões, constituindo morros rochosos tipo pão-de-açúcar como o próprio Pico do Papagaio. O gnaiss da unidade C é o equivalente de alto grau metamórfico do Xisto Santo Antônio, descrito em Andrelândia.



**Figura 2.** Mapa geológico do setor oriental do Sistema de *Nappes* Andrelândia destacando, em vermelho, as áreas de estudo localizadas nas proximidades do município de Aiuruoca e entre os municípios de Andrelândia e Arantina. Retirado de Campos Neto *et al.* 2007.



Para esta região há também o trabalho de Santos (2004), o qual apresenta um minucioso estudo a respeito da termobarometria juntamente com a trajetória metamórfica, química de rocha e estruturação dessas unidades. Foram descritas três principais paragêneses minerais, uma de maior pressão, outra de maior temperatura e uma de transição. A de maior pressão descrita na região foi Qtz-Pl-Bt-Ms-Grt-Ky-St-Rt, a de transição continha Qtz-Pl-Bt-Ms-Grt-Ky-Sil  $\pm$  Chl  $\pm$  St inserida no domínio cianita-sillimanita e a paragênese de maior temperatura apresentava Qtz-Bt-Sil-Grt-Plg-Kfs  $\pm$  Ms. É concluído que os metapelitos dos domínios intermediários e superiores da *Nappe* Andrelândia, nessa região, gravaram a transição entre a formação de cianita sin-cinemática para a zona da sillimanita sem descontinuidades. Sendo assim, essa gradação contínua mostra que o padrão inverso descrito na *nappe* não foi originado a partir de empurrões pós-metamórficos.

O mapa geológico da figura 2 destaca as áreas de estudo. A área a oeste está localizada no Parque Estadual da Serra do Papagaio enquanto que a área a leste está localizada nas proximidades dos municípios de Andrelândia e Arantina.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para um estudo mais completo foram adicionadas às discussões geocronológicas duas amostras, SNA-116 e SNA-125, recolhidas no Projeto de Iniciação Científica intitulado "Metamorfismo e Estrutura de uma Seção do Sistema de *Nappes* Andrelândia" vigente entre agosto de 2011 e julho de 2012. A amostra SNA-125 já havia sido datada por LA-ICP-MS no ano de 2012, porém a SNA-116 foi analisada juntamente com as outras amostras.

Abaixo estão descritos todos os procedimentos realizados, desde o trabalho de campo até os métodos empregados nas análises geocronológicas e geoquímicas.

#### 3.1 Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado entre os dias 14 e 18 do mês de abril do presente ano, no município de Aiuruoca, incluindo alguns afloramentos descritos próximos à rodovia que liga Andrelândia à Arantina.

Foram descritos um total de 36 afloramentos (Anexo 2 – Tabela de Pontos) dos quais a grande maioria pertence às unidades da *Nappe* Liberdade enquanto que os poucos restantes pertencem à *Klippe* Gamarra, correspondente da *Nappe* Andrelândia (Anexo 5 – Mapa de Pontos). Na maioria das rochas descritas foram medidas, com bússola do tipo *Clar*, as estruturas presentes, o que auxiliou na construção de estereogramas para a devida análise estrutural da região.



Em campo, foram recolhidas 17 amostras das quais apenas cinco foram separadas para as análises geocronológicas e quatro para as análises geoquímicas. Para o estudo petrológico, todas as amostras foram utilizadas.

### 3.2 Seções delgadas

Para a confecção das seções delgadas foram utilizadas todas as 17 amostras recolhidas em campo, sendo que em três delas foram feitas duas marcações, o que totalizou 20 lâminas para serem descritas.

A marcação da localização de cada seção delgada consistiu em cortar as amostras em lâminas de aproximadamente 2 cm de largura de acordo com a foliação e lineação presente em cada fragmento. Com os pedaços já cortados foram marcadas as posições de cada uma das lâminas de acordo com a estrutura ou mineral relevante para posterior descrição (figura 3).

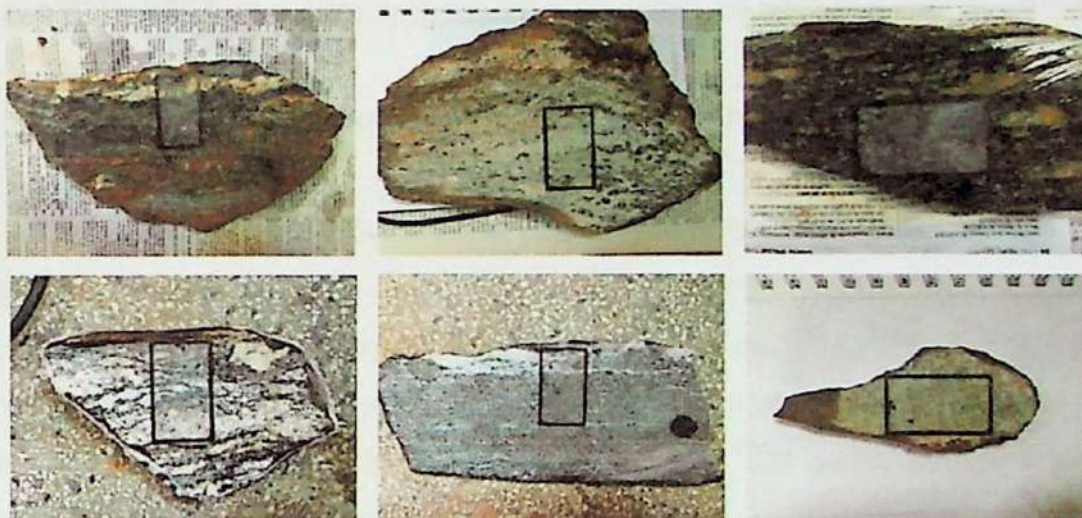


Figura 3. Marcação da localização da seção delgada de algumas amostras.

### 3.3 Geoquímica isotópica mineral

Para as análises geocronológicas foram preparadas as amostras SNA-169, 172 E, 175, 180 A e 201 recolhidas nessa etapa de campo, sendo também adicionada a SNA-116 que foi separada do Projeto de Iniciação Científica realizado pela aluna. A intenção de analisar também essa amostra seria a comparação entre as fontes dos quartzitos das *Nappes Andrelândia* e *Liberdade*.

A preparação foi realizada no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da USP, com o auxílio dos técnicos Vasco Antonio P. dos Loios e Samuel Pedro Egídio. Essa fase consistiu primeiramente em britar as amostras utilizando o



britador de mandíbula, moê-las no moinho de disco e peneirá-las nas frações entre 100 e 250 µm e menor que 250 µm.

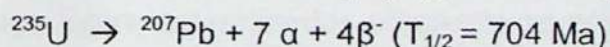
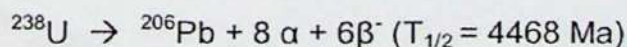
Com a rocha peneirada na fração entre 100 e 250 µm foi utilizada a Mesa Vibratória e de Concentração Wiffley para a primeira fase de separação dos minerais pesados. O concentrado de minerais leves seguiu para a estufa e posterior armazenamento enquanto que o concentrado de minerais pesados teve seu conteúdo magnético extraído inicialmente com o ímã de mão e posteriormente com o Separador Magnético tipo Frantz. O material que sobrou seguiu para a capela onde a separação ocorreu a partir da diferença de densidade entre os minerais de interesse e os líquidos densos utilizados (bromo e iodeto).

Do material separado, foram recolhidos manualmente os cristais de zircão de cada amostra, com o auxílio de uma pinça de tungstênio, para posterior montagem dos *mounts*. Por não haver presença significativa de grãos de zircão na amostra SNA-175, este material não foi analisado no presente trabalho. Foram separados 50 cristais de zircão da amostra SNA-116; da amostra SNA-169, 254; da SNA-172 E, 125 grãos, enquanto que das amostras SNA-180 A e SNA-201 foram selecionados 76 e 96 grãos de zircão, respectivamente.

### 3.3.1 Sistema isotópico U-Pb em zircão detrítico

O urânio apresenta três isótopos que ocorrem naturalmente:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{234}\text{U}$ ; o tório existe inicialmente como isótopo radioativo, o  $^{232}\text{Th}$ , porém na natureza ocorrem cinco isótopos radioativos produtos intermediários de curta-vida do  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ . Estes dão origem a uma cadeia de isótopos radioativos que terminam em isótopos estáveis de Pb. O decaimento do U e Th origina a série de U que inclui o  $^{234}\text{U}$  como isótopo intermediário, dando origem ao Pb estável.

Minerais que contenham altos teores de urânio são facilmente obtidos e amplamente utilizados no sistema de decaimento do próprio urânio. As meias-vidas dos isótopos  $^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}$  são longas o suficiente para serem aplicadas na determinação de idades que englobam a história terrestre e curtas o bastante para que os isótopos radiogênicos pai e filho sejam medidos em tais minerais.



Duas determinações de idade podem ser realizadas em uma mesma amostra utilizando estes mesmos dois elementos ( $^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}$ ). O decaimento químico então permite que a idade do isótopo radiogênico seja determinada unicamente a partir de sua composição isotópica, sem mesmo conhecer a razão pai-filho (Davis *et al.* 2003).



### 3.4 Geoquímica elemental e geoquímica isotópica em rocha total

Para as análises geoquímicas foram selecionadas as amostras SNA-169, SNA-172 E, SNA-175 e SNA-201. A preparação desta etapa do trabalho foi realizada no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA), com o auxílio do técnico Samuel Pedro Egídio, consistiu na cominuição das amostras com o auxílio de uma prensa hidráulica que originou fragmentos de tamanho inferior a um centímetro. Após a realização do quarteamento do volume total desses fragmentos, foram recolhidos aproximadamente cem gramas representativas de cada amostra que seguiram para a moagem em moinho de ágata para a obtenção de pó na granulação menor que 200 *mesh*. Utilizando parte deste material as pastilhas prensadas foram confeccionadas, enquanto que, no laboratório de Química e ICP-AES/MS do IGc-USP, um grama da parte restante foi misturado a nove gramas de fundente para fusão e posterior preparação das pastilhas fundidas.

As análises de geoquímica elemental foram realizadas no laboratório de Espectrometria de Fluorescência de Raio-X do IGc-USP pelo técnico e físico responsável Paulo Ernesto Mori, que utilizou o espectrômetro de dispersão de comprimento de onda modelo Philips PW2400 XRFa de 1996. Já as análises de geoquímica isotópica foram feitas no laboratório de Sm-Nd do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo).

#### 3.4.1 *Análise de elementos maiores, menores e traços por FRX*

As análises foram realizadas através da Fluorescência de Raio-X (FRX), cujo método é o mais utilizado para a determinação de elementos maiores, menores e traço, capaz de determinar concentrações de 100% até poucas partes por milhão (ppm). Esse método, no entanto, não permite analisar elementos com números atômico menores do que onze, ou seja, mais leves que Na (sódio).

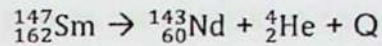
A espectrometria de raio-x é baseada na excitação de uma dada amostra por raios-x: um feixe de raios-x primário excita raios-x secundários que apresentam comprimentos de onda característicos dos elementos presentes na amostra. A intensidade dos raios-x secundários é usada para determinar as concentrações dos elementos usando como referência valores-padrão.

Os elementos traço foram determinados utilizando as pastilhas prensadas e um ou mais tubos de raios-x, já para os elementos maiores foram utilizadas as pastilhas fundidas e apenas um tubo de raios-x.

#### 3.4.2 *Sistema isotópico Sm-Nd*



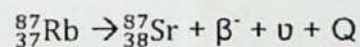
O sistema isotópico Sm-Nd baseia-se no decaimento de um isótopo radioativo de samário para um isótopo radiogênico de neodímio. Na natureza o elemento Sm ocorre na forma de sete isótopos sendo que apenas  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{148}\text{Sm}$  e  $^{149}\text{Sm}$  são radioativos. O decaimento dos dois últimos ocorre muito lentamente o que impede suas utilizações como medidor da variação para os elementos radiogênicos  $^{144}\text{Nd}$  e  $^{145}\text{Nd}$ . Já o isótopo  $^{147}\text{Sm}$  apresenta meia vida de  $1,06 \times 10^{11}$  anos (DePaolo e Wasserburg, 1976) e o decaimento se dá através da equação:



Originalmente este método foi utilizado como datação para determinar idade de condritos e foi, por DePaolo e Wasserburg (1976), empregado em rochas ígneas terrestres gerando repercussões no estudo da história da crosta e do manto. A partir do entendimento de que a curva de evolução condritica (CHUR) define a razão inicial de rochas ígneas ao longo do tempo, as medidas das razões  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  e  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  indicaria uma idade modelo de formação de qualquer rocha.

### 3.4.3 Sistema isotópico Rb-Sr

Dois isótopos naturais de Rb são encontrados na natureza: o  $^{85}\text{Rb}$  e o  $^{87}\text{Rb}$ , sendo o primeiro o mais abundante. Sendo o isótopo  $^{87}\text{Rb}$ , radioativo, ele decai para seu elemento radiogênico  $^{87}\text{Sr}$  segundo a equação:



Este decaimento ocorre à taxa constante, no entanto ele consome baixa energia o que dificulta a determinação desta constante.

Este sistema estima idades de um certo evento em relação à geração de certas rochas e pode ser utilizado associado ao sistema Sm-Nd para fornecer dados a respeito da origem das rochas-fontes em relação aos seus ambientes tectônicos, desta forma diferenciando contribuições estritamente mantélicas de rochas geradas sobre a crosta.

## 3.5 Elaboração da monografia

A monografia foi escrita com o programa Word 2007 da Microsoft. Os estereogramas foram feitos com a utilização do Openstereo; já os diagramas concordia e os histogramas da parte de geocronologia foram elaborados através do Isoplot 4.1. Todas as figuras e imagens



foram montadas no CorelDRAW 12 e todos os diagramas foram redesenhados com este mesmo programa.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES PRÉVIAS

### 4.1 Geologia local e petrografia

A maior parte das litologias observadas em campo foi descrita minuciosamente a partir das seções delgadas, que podem ser conferidas no Anexo 1, juntamente com algumas fotomicrografias. Abaixo segue a descrição de afloramento juntamente com algumas feições petrográficas importantes

#### 4.1.1 *Nappe Andrelândia*

##### 4.1.1.1 Xisto Santo Antônio

O Xisto Santo Antônio aflora na região de Aiuruoca, restrito a altitudes elevadas, próximo ao Pico do Papagaio, na forma de grandes paredões abaulados e de cor bastante escura quando observado a certa distância (figura 4). Ocorrem também na forma de grandes *boulders* agrupados ao longo dos campos e pequenos morros, já no topo da serra.



**Figura 4. (A) e (B)** Paredões do Xisto Santo Antônio, na Serra do Pico do Papagaio.

Coordenadas: 533600 E / 7560848 N.

A litologia típica dessa unidade é o granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto homogêneo com porfiroblastos de granada sub-centimétricos bem distribuídos ao longo de toda a rocha. No afloramento SNA-201 a rocha apresenta granulação média e foliação não proeminente.

A partir da descrição microscópica das amostras SNA-201 A e SNA-201 B foi possível observar leitos granoblásticos quartzo-feldspáticos envolvidos por uma porção mais



homogênea, de textura grano-lepidoblástica, que foi chamada de mesossoma. Os bolsões de leucossoma apresentavam espessura de aproximadamente 1,0 cm, com cristais de quartzo e plagioclásio de granulação grossa. O contato desta porção da rocha com o mesossoma tende a ser levemente abrupto em alguns locais e um pouco mais gradual em outros, com o aparecimento de cristais de biotita de granulação média. O leucossoma é composto quase que inteiramente por quartzo, com pouco volume de plagioclásio e pequenos cristais xenoblásticos de biotita distribuídos aleatoriamente nos contatos entre os grãos de minerais félsicos ou inclusos nestes. Os cristais de quartzo medem de 0,25 a 3,0 mm e apresentam formas completamente irregulares, com bordas em cúspide e lobadas. A maior parte dos grãos apresenta extinção ondulante com tendência de geração de subgrãos paralelos à fábrica de forma dos cristais originais. Os grãos de plagioclásio tendem a ser bem menores que os cristais de quartzo, medindo em média 0,6 mm. Apresentam-se todos geminados e em alguns é possível observar a geminação pouco proeminente com terminação em lança.

O mesossoma representa a maior parte da rocha e apresenta volumes semelhantes dos minerais que o constituem, gerando desta forma uma textura mais homogênea. A composição mineralógica desta porção é: biotita, plagioclásio, quartzo, granada e como acessórios ocorrem: sillimanita, cianita, rutilo, apatita, zircão, clorita e minerais opacos. Ao contrário do leucossoma, o mesossoma apresenta maiores teores de plagioclásio do que de quartzo, medindo em média 1,0 mm, todos geminados e geralmente saussuritizados. É comum observar a ocorrência de pequenos aglomerados de grãos de sillimanita bem finos distribuídos ao longo dos contatos desses cristais. Os grãos de biotita ocorrem tanto xenoblásticos sem pleocroísmo visível, medindo de 0,2 a 2,0 mm, quanto subidioblásticos com pleocroísmo do bege ao laranja, geralmente mais finos que os cristais menos bem formados. Os cristais de cianita são bem raros, xenoblásticos.

Os porfiroblastos de granada ocorrem com formatos geralmente arredondados, bordas bastante corroídas e poiquiloblásticos, ricos em inclusões de grãos de plagioclásio, quartzo, biotita, apatita, rutilo, muscovita e minerais opacos. Aparentemente não há correlação entre a foliação interna, marcada pelas inclusões, com a foliação externa.

#### 4.1.2 *Nappe Liberdade*

##### 4.1.2.1 Micaxistos

A unidade dos Micaxistos é a mais espessa descrita na *Nappe Liberdade* e nela foram descritos os litotipos:

- Muscovita quartzito;
- Granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico;

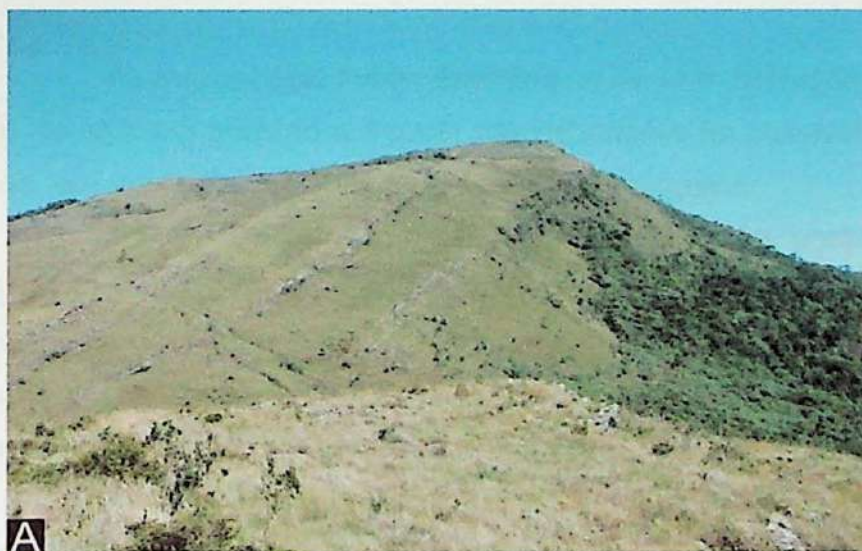


- Granada-biotita-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto com turmalina hidrotermal;
- Granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico;
- Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexítico;
- Granada-biotita-muscovita-quartzo xisto com estaurolita;
- Titanita-epidoto anfibolito metatexítico;
- Titanita-granada-biotita-anfibólio gnaiss calciossilicático;
- Titanita-epidoto-carbonato-escapolita-diopsídio gnaiss calciossilicático;
- Quartzo-granada-grunerita/cummingtonita fels.

Juntamente com estes diferentes litotipos ocorrem níveis decimétricos e restritos de gonditos. Abaixo segue a descrição de cada litotipos citado.

### Muscovita quartzito

Essa litologia aflora principalmente na encosta da serra (figura 5), na subida para a Parada dos Pedros a sudoeste do Pico do Papagaio. Ela ocorre na forma de intercalações métricas de muscovita quartzitos e quartzitos micáceos com granada-plagioclásio-quartzo xistos porfiroblásticos e cianita-granada-biotita-muscovita-quartzo xistos também porfiroblásticos, ambos metatexíticos. Ocorrem principalmente três grandes barras do quartzito, que passam, em direção ao topo do morro, de lajes ao chão à lápides proeminentes com mergulhos mais acentuados. As camadas encontram-se mais espessas na base e tomam-se gradativamente mais delgadas em direção aos afloramentos de xistos.



**Figura 5. (A)** As três barras principais do quartzito intercaladas ao xisto. **(B)** Dobra do quartzito.

Coordenadas: 532004 E /  
7563714 N.

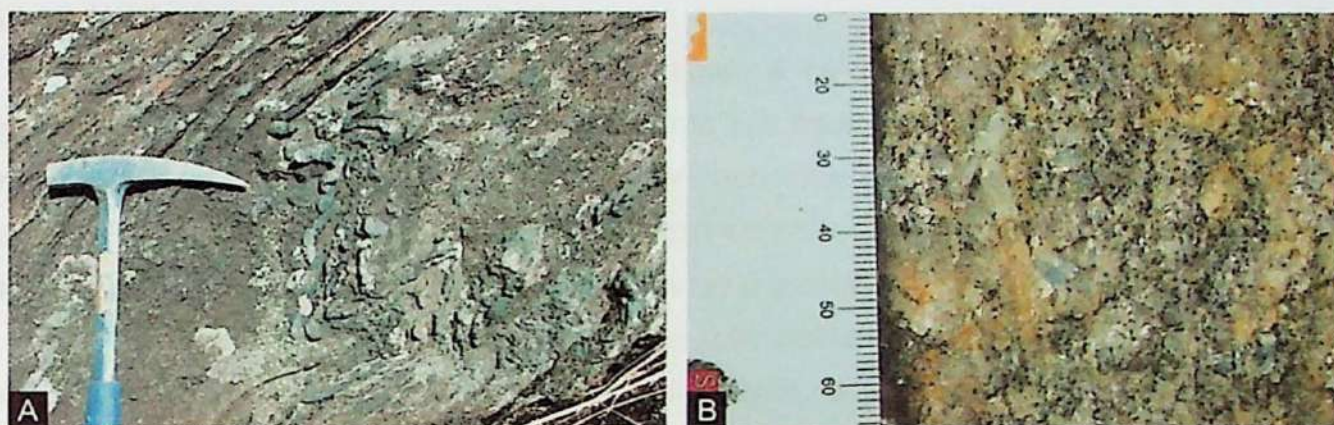
Microscopicamente (descrições feitas a partir da amostra SNA-180 A), os cristais de muscovita ocorrem orientados segundo uma direção preferencial e marcam a foliação. Os grãos de quartzo são, em sua maioria, equidimensionais, de 0,5 mm, porém ocorrem alguns cristais maiores, alongados segundo a direção da foliação. As bordas desses cristais são bastante irregulares e lobadas e a maior parte deles apresenta extinção ondulante. Como



acessório há pequenos grãos de zircão distribuídos aleatoriamente pela rocha, e que chegam a medir quase 0,1 mm.

#### Granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico

O granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico é umas das litologias que ocorre intercalada ao muscovita quartzito. Ele aflora na forma de lápides ou pequenas lajes/paredões de cor cinza escura. Em algumas porções ele se encontra bastante quartzoso e até cortado por inúmeros veios de quartzo (figura 6 A). Ocorrem também, leucossomas descontínuos, subcentimétricos, contidos na foliação.



**Figura 6. (A)** Dobras assimétricas de veios de quartzo, parasita de flanco inferior de sinforma, no xisto na Serra do Pico do Papagaio. Coordenadas: 532232 E / 7561261 N. **(B)** Detalhe para a orientação de cristais de cianita no afloramento na beira da estrada entre Arantina e Andrelândia. Coordenadas: 574785 E / 7588013 N.

Ao microscópio foram descritas as lâminas SNA-169, SNA-175 e SNA-197 referentes à litologia em questão e a partir das descrições foi possível constatar que há uma variância de teor de certos minerais de amostra para amostra.

A SNA-197 apresenta baixos teores de cianita, porém nela ocorrem porfiroblastos de granada, a SNA-169, assim como a amostra SNA-175, também apresenta teores semelhantes de porfiroblastos, porém com quantidade de cianita aumentada. Foi observado que essas amostras são compostas por uma intercalação caótica, arritmica e descontínua entre bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas e bandas nemato-lepidoblásticas.

A banda granoblástica é constituída quase que inteiramente por quartzo e plagioclásio e variam enormemente quanto à sua granulação e formato, porém ocorrem raros grãos de cianita, muscovita e biotita. A espessura dessas bandas é muito irregular e em alguns locais não é possível determinar seus limites. Em alguns pontos é possível dizer que a banda apresenta de 0,9 a 6,0 mm de espessura; já na SNA-169 ocorre um bolsão de granulação muito grossa de 5,8 mm de espessura.



Os cristais de plagioclásio constituem o menor volume das bandas granoblásticas, porém tendem a ser mais grossos que os grãos de quartzo, podendo chegar a porfiroblastos-clastos de até 10,0 mm de comprimento. Apresentam geralmente geminação Lei da Albita que nem sempre é facilmente visível e ocorrem normalmente saussuritizados e alterados. Seus formatos são bastante irregulares, com bordas tortuosas. Em alguns locais específicos da lâmina é possível observar trilhas intersticiais de grãos de cianita mais finos em cristais de plagioclásio, o que indica a ocorrência de fusão parcial. Os grãos de quartzo podem ocorrer praticamente equidimensionais como também com um eixo mais alongado, paralelo à direção das bandas. As bordas dos cristais são muito irregulares e tortuosas. A grande maioria dos grãos apresenta extinção ondulante, e muitos apresentam trilhas de inclusões fluidas.

As bandas nemato-lepidoblásticas chegam a ser mais irregulares que as bandas granoblásticas. São constituídas principalmente por muscovita, biotita, cianita e granada, ocorrendo também estauroлита, apatita, minerais opacos e zircão, em menor quantidade. Os cristais de granada variam de granulação de amostra para amostra, ora gerando uma textura porfiroblástica, ora apenas acompanhando a granulação geral dessa banda.

Os grãos de muscovita são geralmente subidioblásticos e podem medir de 0,5 a 3,5 mm, sendo mais grossos que os cristais de biotita, e podem apresentar inclusões de minerais opacos e de zircão. Os grãos de biotita são tanto xenoblásticos quanto subidioblásticos, com presença de pleocroísmo forte do bege ao laranja escuro, no caso dos cristais mais bem formados. Geralmente podem apresentar inclusões de zircão, o que lhes conferem halos pleocróicos escuros.

Os cristais de cianita variam de teores de aproximadamente 3% a 25%, normalmente são subidioblásticos, estão orientados segundo a foliação micácea e é possível observar uma direção de clivagem, sendo raros os grãos com as duas direções marcadas. Os cristais de granada ocorrem dispersos pela banda nemato-lepidoblástica e tendem a apresentar formatos de arredondados a ovais. Medem em geral de 0,5 mm a 2,0 mm e apresentam diversos volumes de inclusões, ocorrendo de grãos límpidos a poiquiloblásticos com inclusões de quartzo, plagioclásio, biotita, rutilo, minerais opacos e zircão. Tais inclusões podem gerar uma foliação interna que não apresenta correlação com a externa (cristais de granada cedo-S<sub>2</sub>).

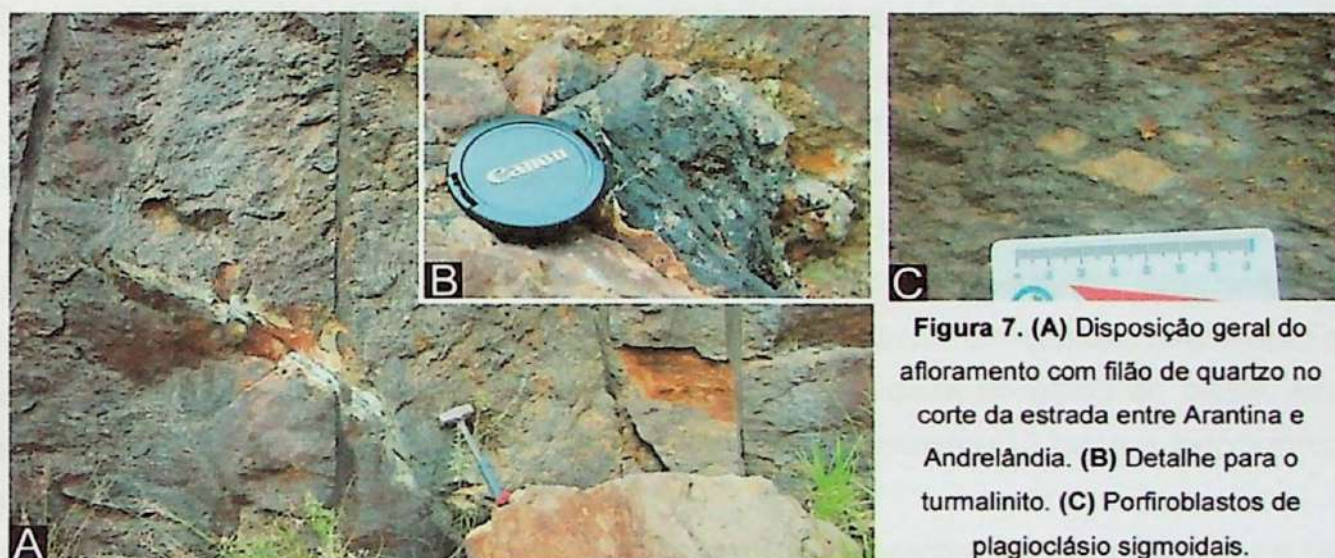
Os cristais de estauroлита são finos e medem em média 0,1 mm. O pleocroísmo amarelado é bem sutil e às vezes imperceptível. Geralmente ocorrem aglomerados juntamente com a foliação, podendo estar inclusos nos grãos de biotita e muscovita.

Granada-biotita-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto com turmalina hidrotermal



O granada-biotita-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto com turmalina hidrotermal foi descrito no afloramento SNA-169, em um corte da estrada que liga Andrelândia à Arantina, onde predominava um granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto. O contato entre as duas litologias era difuso e gradual e conforme a rocha se tornava mais xistosa, os cristais de turmalina ficavam mais espaçados. Na maior parte do afloramento onde ocorria turmalina, esta era encontrada na forma de pequenos grãos aglomerados (figura 7 B) ora seguindo a direção da foliação, ora formando massas escuras dispostas aleatoriamente na rocha.

Neste afloramento foi possível descrever uma pequena zona de cisalhamento junto ao qual se encontrava um filão de quartzo (figura 7 A), que rompia um flanco de uma dobra métrica, próximo à zona de charneira onde a foliação passava de subvertical para subhorizontal. Ocorriam também cristais de plagioclásio bem mais grossos que a matriz, chegando a medir até 3,0 cm, na forma de indicadores cinemáticos (figura 7 C).



**Figura 7.** (A) Disposição geral do afloramento com filão de quartzo no corte da estrada entre Arantina e Andrelândia. (B) Detalhe para o turmalinito. (C) Porfiroblastos de plagioclásio sigmoidais.

Ao microscópio foi possível descrever a porção hidrotermalizada representada pelas seções delgadas SNA-169 A' e 169 A''. Essas amostras apresentam massas quartzo-feldspáticas granoblásticas dispostas entre ripas de muscovita e de biotita orientadas em uma direção preferencial, marcando a foliação, juntamente com cristais de granada.

Os cristais de quartzo compõem a maior parte das bandas granoblásticas, ocorrendo em várias granulações que variam de 0,2 a quase 3,0 mm. Geralmente os cristais menores apresentam formatos mais equidimensionais enquanto que os maiores tendem a ser mais alongados. É comum encontrar grãos com extinção ondulante, e a grande parte deles apresentam bordas bastante irregulares. Os cristais de plagioclásio são mais raros que os de quartzo, porém em um local específico foi descrito um único grão com 8,3 mm. Sem exceções, todos os cristais apresentam-se com a geminação Lei da Albita e bastante alterados.



O principal mineral marcador da foliação é a muscovita. Grande parte dos cristais é xenoblástica e mede em média 0,9 mm. Ocorrem geralmente próximos aos grãos de granada, cristais um pouco mais finos, decussados e que aparentemente são posteriores a foliação principal. Grãos de biotita também marcam a foliação, porém ocorrem em menor volume. Pequenos e dispersos cristais de estaurolita ocorrem pela lâmina, podendo estar inclusos nos megacristais de turmalina.

Os cristais de turmalina são provenientes do hidrotermalismo e ocorrem como megacristais que ora estão orientados segundo a foliação marcada pelos cristais de muscovita e biotita, ora ocorrem de forma desorientada. São grãos xenoblásticos, com pleocroísmo bastante forte do bege claro ao verde alaranjado. Podem ocorrer com inclusões de zircão, minerais opacos, granada, muscovita, e quartzo. Suas bordas estão completamente corroídas, e em alguns locais parece ter mais inclusões do que turmalina.

#### Granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico

O granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico foi descrito intercalado aos pacotes de quartzito, principalmente nos afloramentos SNA-180 e 181. É um xisto de granulação média-grossa com porfiroblastos de granada e cristais centimétricos de plagioclásio e de feldspato potássico com formatos sigmoidais (figura 8 A e B). A rocha apresentava leucossoma rico em quartzo, plagioclásio e feldspato potássico localmente manteados por maior densidade de grãos de biotita. Em algumas porções os porfiroblastos de granada mediam no mínimo 0,5 cm e o leucossoma apresentava formatos sigmoidais.

Ao microscópio a lâmina da amostra SNA-180 B apresentou leitos lepidoblásticos de espessura fina, completamente descontínuos e irregulares, compostos principalmente por muscovita e biotita, intercalados à bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas de espessura mais grossa. Espalhados pela lâmina ocorrem porfiroblastos de granada.

As bandas granoblásticas são constituídas de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico, com pouquíssimos cristais de carbonato distribuídos. Próximo à ocorrência de porfiroblasto de granada, os cristais de quartzo, que tendem a ser médios ao longo das bandas, se tornam mais grossos. Os grãos de feldspato tendem a apresentar granulações semelhantes, de aproximadamente 0,7 mm e são mais finos que os de quartzo, as geminações (em grade e Lei da Albita) não são facilmente visíveis, e no caso dos grãos de plagioclásio, podem até estar ausentes. Os cristais de quartzo no geral apresentam extinção ondulante com geração de subgrãos com fábrica de formas orientadas aleatoriamente. É comum encontrá-los fraturados, com fraturas preenchidas por algum material alaranjado, que pode ser biotita.





**Figura 8. (A)** Estrutura geral da rocha. **(B)** Detalhe para porfiroblasto centimétrico de plagioclásio.

Coordenadas: 532280 E / 7564361 N.

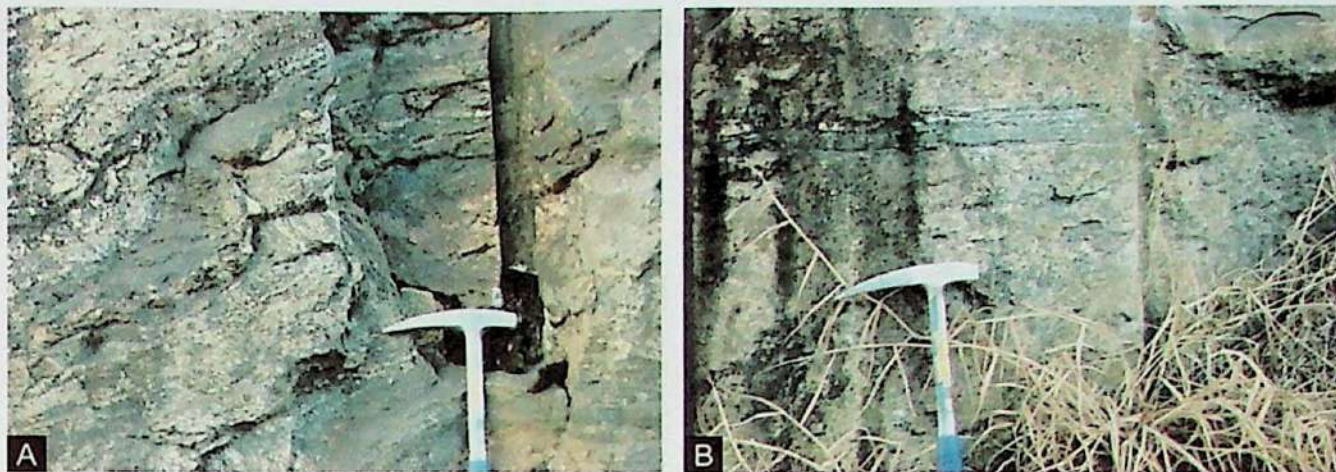
As bandas lepidoblásticas são compostas principalmente de muscovita e biotita, mas ocorrem também grãos dispersos de apatita, epidoto, granada, carbonato, zircão e clorita. Os cristais de muscovita tendem a ser mais grossos que os de biotita e compõem o maior volume desta porção da rocha. Ambos os minerais micáceos apresentam mais de uma direção de orientação de seus eixos maiores, e em alguns locais é possível traçar uma relação de crescimento entre ambas as fases minerais, nos quais a biotita tende a substituir a muscovita. O único porfiroblasto de granada que ocorre na lâmina mede 1,5 cm e está completamente alterado, com muitas inclusões e bordas completamente irregulares.

#### Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexítico

O muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexítico foi descrito principalmente em dois afloramentos, no corte da ferrovia, no ponto SNA-172 (figura 9 A e B) e no ponto SNA-182. No corte da ferrovia ocorria juntamente com o granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estauroлита e com lentes de titanita-epidoto anfibolitos metatexíticos, de leucossomas centimétricos e descontínuos, com níveis ricos em hornblenda na foliação.

Nas amostras SNA-172 E' SNA-172 E'' descritas, microscopicamente a rocha apresenta duas porções bem distintas quanto à sua textura, composição mineralógica e granulação. O leucossoma apresenta textura granoblástica grossa e composição quartzo-feldspática predominante, já a outra porção, o mesossoma, tende a apresentar intercalações de bandas lepidoblásticas com bandas granoblásticas. A transição de uma porção para a outra tende a ser abrupta, marcada por uma linha de cristais de biotita. Já na SNA-182 é possível apenas delimitar a intercalação de bandas granoblásticas com bandas lepidoblásticas, o que deve corresponder ao mesossoma das primeiras duas amostras citadas.





**Figura 9. (A) e (B)** Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatextítico do afloramento SNA-172, no corte da ferrovia entre Arantina e Andrelândia. Coordenadas: 577066 E / 7580288 N.

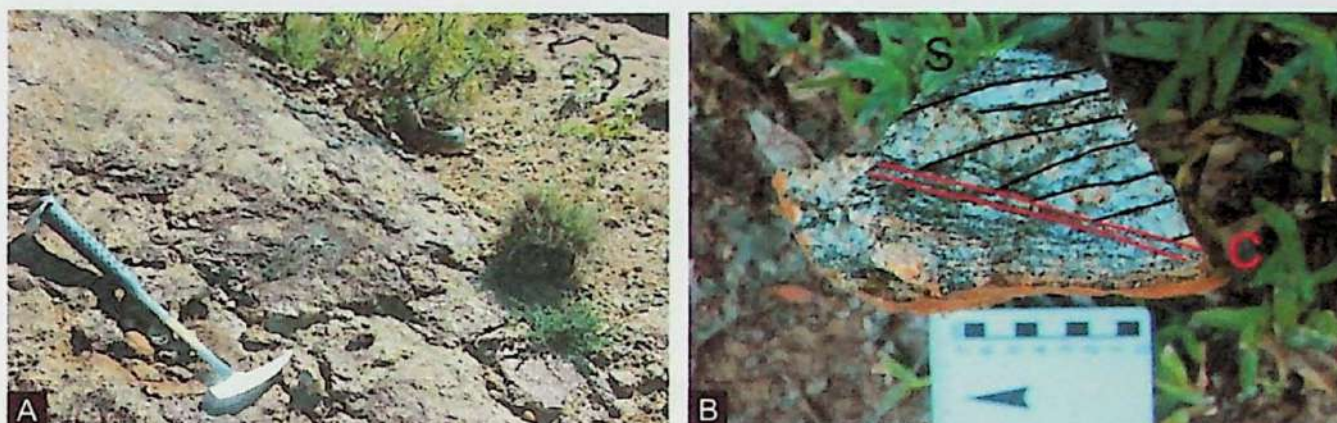
O leucossoma é composto por quartzo, plagioclásio e feldspato potássico, com grãos raros de biotita e muscovita. A granulação geral é bem grossa e essas lentes apresentam no mínimo 1,5 cm de espessura. Os cristais de plagioclásio apresentam-se bastante alterados, fraturados e saussuritizados, mas mesmo assim ainda é perceptível a geminação Lei da Albita podendo apresentar terminação em lança, e medem de 0,4 a 6,0 mm. Os cristais de feldspato potássico apresentam geminação em grade bastante visível, porém muito deformada e irregular. Esses grãos chegam a medir 5,5 mm e diferentemente dos cristais de plagioclásio, eles não se encontram alterados. Os cristais de quartzo apresentam-se geralmente alongados segundo uma direção preferencial, chegando a medir até 6,0 mm. A maior parte apresenta extinção ondulante, trilhas de inclusões fluidas e finas rachaduras que em alguns casos encontram-se preenchidas por muscovita. Foi possível observar a presença de raras mirmequitas em alguns locais.

O mesossoma é representado por uma intercalação irregular e descontínua de bandas granoblásticas com bandas lepidoblásticas compostas de biotita e muscovita. Diferentemente do leucossoma, as bandas granoblásticas do mesossoma não apresentam altos teores de feldspato potássico, e sim de quartzo e feldspatos, de granulação mais fina que no leucossoma. As bandas lepidoblásticas do mesossoma são compostas quase que inteiramente por biotita, ocorrendo tanto grãos xenoblásticos quanto subidioblásticos. É possível dizer que ocorrem três direções distintas de crescimento desses cristais, sendo possíveis três gerações de foliação. A principal é a que é formada em sua maioria pelos grãos xenoblásticos, as outras duas, quase que ortogonais entre si e oblíquas em relação à primeira, são marcadas pelos cristais subidioblásticos.

A litologia da amostra SNA-182, que apresenta apenas o mesossoma em lâmina, ocorre também nos afloramentos SNA-183 e SNA-184, e macroscopicamente aparenta ser um pouco mais grossa que as acima descritas. Nestes pontos a rocha ocorre bastante quartzosa, de granulação média a média-fina com leucossomas sigmoidais de tamanhos



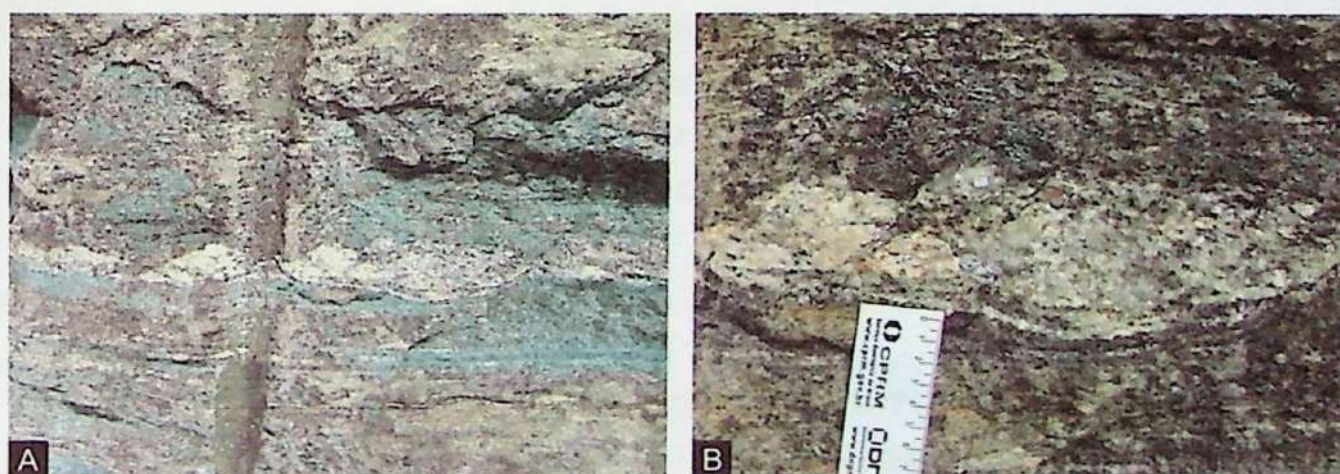
que variavam de centimétricos a decimétricos. A quantidade de muscovita variava de afloramento para afloramento, aparecendo em maior volume no SNA-184. Em um dado local foi observado um par S-C, ilustrado na figura 10 B, onde é perceptível a grande quantidade de biotita nas bordas do leucossoma.



**Figura 10. (A)** Visão geral do afloramento SNA-183. Coordenadas: 531322 E / 7562316 N. **(B)** Detalhe para o par S-C. Coordenadas: 531208 E / 7562277 N.

#### Granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita

Macroscopicamente essa rocha foi descrita como um gnaiss bandado com concentrações de minerais máficos. Em alguns pontos do afloramento era possível ver uma repetição entre os anfibolitos e o granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita, no qual os contatos eram retilíneos, subhorizontais e bem marcados.



**Figura 11. (A)** Intercalação de banda granoblástica com banda mais micáceas no corte da ferrovia entre Arantina e Andrelândia. **(B)** Detalhe da banda granoblástica com cristal de granada. Coordenadas: 577066 E / 7580288 N.

Microscopicamente, a partir das descrições da lâmina SNA-172 A, a rocha apresenta finas intercalações entre bandas nemato-lepidoblásticas e bandas granoblásticas (figura 11 A). Ocorrem porfiroblastos de granada que geralmente estão associados às bandas mais



micáceas, porém macroscopicamente, no afloramento, era possível observar grãos de granada centimétricos junto às bandas granoblásticas (figura 11 B).

As bandas granoblásticas são constituídas quase que inteiramente por quartzo, com poucos cristais de muscovita e biotita dispostos aleatoriamente. Os grãos de quartzo medem de 0,2 a 3,0 mm, os quais a grande parte apresenta extinção ondulante. Em algumas bandas os cristais apresentam-se mais equidimensionais enquanto que em outras os grãos ocorrem em formatos mais alongados. As bordas desses cristais são completamente irregulares, ora abauladas ora pontiagudas.

As bandas nemato-lepidoblásticas ocorrem de maneira mais irregular e disforme do que a banda quartzosa, variando de 0,6 a 2,5 mm de espessura. É composta principalmente por muscovita e biotita, ocorrendo também minerais opacos, estaurolita, cianita, clorita, rutilo, apatita, zircão e porfiroblastos de granada. Os cristais de muscovita representam aproximadamente 70% da banda, variam de xenoblásticos a subidioblásticos e medem em média 1,7 mm. Há uma direção preferencial de crescimento desses grãos, mas ocorrem também cristais orientados em direções aparentemente aleatórias. Nos locais onde se encontram os porfiroblastos de granada a foliação pode tanto amoldar esses grãos como também ter sido sobrecrecida. Os grãos de biotita estão dispostos de maneira semelhante aos cristais de muscovita, porém são ligeiramente mais finos e ocorrem em menor volume.

Os grãos de estaurolita que ocorrem nessa rocha variam bastante em tamanho, medindo de 0,12 a 0,65 mm. Variam de xenoblásticos a subidioblásticos e geralmente apresentam inclusões de quartzo, zircão e minerais opacos. Os porfiroblastos de granada medem de 0,5 a 2,7 mm e apresentam tanto formas arredondadas quanto alongadas e orientadas segundo a foliação. Apresentam inúmeras inclusões de quartzo, minerais opacos, rutilo e zircão. Não há relação entre a foliação interna, marcada por essas inclusões, com a foliação externa, no entanto é possível perceber desenhos circulares concêntricos gerados a partir do crescimento do próprio cristal de granada.

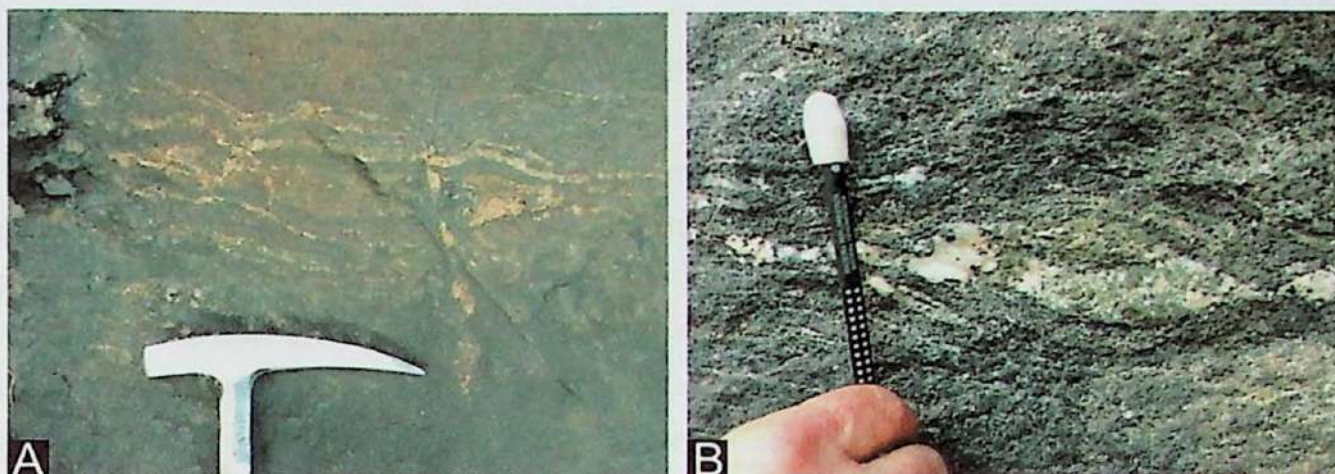
#### Titanita-epidoto anfibolito metatexítico

Esta litologia foi descrita nos afloramentos SNA-171 e SNA-172. No primeiro, o titanita-epidoto anfibolito ocorria associado a um cianita-muscovita-feldspato-quartzo xisto e a um gnaiss calciossilicático, já no segundo, juntamente com um granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita, e muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexítico.

No afloramento SNA-172, é possível observar várias porções com leucossoma proeminente e bem visível, que em certo local ocorria boudinado com mais geração de fusão na zona surreica (figura 12 A). Facilmente são encontrados grandes cristais de



clinopiroxênio, normalmente associados aos leucossomas, com coloração verde e recristalização de cristais de quartzo nas regiões de sombras de pressão (figura 12 B).



**Figura 12. (A) Boudins do leucossoma do titanita-epidoto anfibolito metatexitico do afloramento SNA-172; (B) Também no mesmo afloramento ocorriam grandes cristais de clinopiroxênio junto ao anfibolito.**

Coordenadas: 577066 E/7580288 N.

Em seção delgada é possível observar leucossoma apenas na amostra SNA-172 B, na SNA-171 B a lâmina foi feita apenas na porção com intercalações de bandas nematoblásticas com bandas granoblásticas.

Microscopicamente ambas as amostras apresentam uma grande quantidade de intercalações arritmicas, descontínuas e tortuosas de porções nematoblásticas ricas em hornblenda, titanita, epidoto, e em menor teor ocorre clinozoisita, apatita e biotita, com bandas granoblásticas compostas quase que essencialmente por plagioclásio, ocorrendo também, em menores teores, cristais de quartzo. Os cristais de hornblenda apresentam granulação fina-média e ocorrem com coloração verde claro levemente amarelado. A maior parte dos grãos encontra-se orientados e é possível observar que esta direção de orientação se dá na bissetriz dos ângulos de  $60^\circ$ . Os grãos de clinozoisita e de epidoto são normalmente arredondados a levemente ovóides, com colorações que variam do quase incolor ao marrom claro. Os grãos de titanita têm seus formatos bastante variados, desde o clássico losango até completamente disformes.

As bandas granoblásticas são muito menos presentes quando comparada às bandas ricas em hornblenda, são muito mais descontínuas e menos espessas. Os cristais de plagioclásio ocorrem geminados e é comum encontrar grãos com esta geminação com terminação em lança. Tendem a ser mais equidimensionais, sendo raros os cristais nos quais é possível observar alguma orientação. Quando há presença de quartzo, eles chegam a medir até 1,0 mm, podendo ser mais grossos que o resto desta porção.

O leucossoma representa aproximadamente 25% da lâmina, no entanto exibe granulação muito mais grossa do que a porção rica nas intercalações (mesossoma). Nesta



parte a quantidade de quartzo predomina sobre o plagioclásio, e podem chegar a medir até 4,7 mm.

#### Titanita-granada-biotita-anfibólio gnaiss calciossilicático

Esta litologia só foi observada no afloramento SNA-170 e está associada à outra litologia de composição calciossilicática: titanita-epidoto-carbonato-escapolita-clinopiroxênio gnaiss calciossilicático. Ocorria na forma de blocos soltos próximo a um túnel da estrada de ferro. Macroscopicamente a rocha apresentava estrutura maciça sem foliação proeminente, com bolsões decimétricos claros de quartzo de granulação grossa manteados por concentrações de biotita grossa, com aproximadamente 2,0 cm de espessura.

Ao microscópio, a partir da descrição da amostra SNA-170 A, a rocha apresenta estrutura bandada de cristais orientados de biotita e anfibólio intercalados à porções ricas em quartzo e plagioclásio. Essa intercalação ocorre de maneira descontínua e desorganizada.

As bandas lepidó-nematoblásticas compõem um pouco mais da metade da lâmina, apresentam granulação mais grossa do que a porção quartzo-feldspática, e ocorrem de maneira mais contínua e espessa. Elas são compostas principalmente por anfibólio, biotita, titanita e granada e em menor volume, clinozoisita, apatita e carbonato. Os cristais de anfibólio, que apresentam coloração amarela acinzentada e sem pleocroísmo observável, ocorrem na forma de grandes massas de grãos alongados e orientados, porém com formatos bastante irregulares. Os cristais de biotita, que variam de xenoblásticos a subidioblásticos, ocorrem na forma de espessas camadas, dando à lâmina um aspecto zebreado de porções com biotita e anfibólio, e porções sem a presença de biotita. Os cristais de granada ocorrem com granulação semelhante aos demais minerais, e não como porfiroblastos. Estão bem distribuídos ao longo de toda a lâmina, são mal formados e com presença de muitas inclusões. Os grãos de titanita chegam a medir 0,7 mm e podem ocorrer tanto isolados como na forma de aglomerados orientados segundo a foliação.

As bandas granoblásticas são compostas apenas por quartzo e plagioclásio e diferentemente da banda rica em anfibólio, não apresenta continuidade lateral. Os cristais de quartzo compõem o maior volume desta porção e chegam a medir 1,3 mm. Quanto menores os grãos, mais equidimensionais eles tendem a ser. Os cristais de plagioclásio estão sempre geminados, podendo apresentar tal geminação com terminação em lança.

#### Titanita-epidoto-carbonato-escapolita-clinopiroxênio gnaiss calciossilicático

Assim como o litotipo descrito acima, esta rocha foi observada no afloramento SNA-170, porém apresenta estrutura e composição mineralógica completamente distinta. Ela foi



descrita microscopicamente a partir da mostra SNA-170 B, e apresenta aspecto aparentemente maciço pela distribuição homogênea de todos os minerais ao longo da lâmina. É composta principalmente por piroxênio, escapolita, quartzo, plagioclásio e carbonato, mas ocorrem também, em menor volume, cristais de titanita, clinozoisita, epidoto e biotita. Por apresentar uma assembleia mineral condizente com uma rocha calciossilicática, o clinopiroxênio deve possivelmente ter composição cálcica e a escapolita deve tender ao membro-final meionita (escapolita rica em cálcio).

Os cristais de diopsídio, que é a fase mineral mais volumosa em lâmina, ocorrem com cores beges amarronzadas e estão ligeiramente fraturados. Os formatos são bastante irregulares, e as bordas nunca são retilíneas. Podem ocorrer com várias inclusões de quartzo, escapolita, titanita e carbonato. É possível observar uma certa orientação dos cristais de diopsídio, porém isso não é o bastante para gerar uma foliação proeminente na rocha. Os cristais de escapolita também são bastante irregulares e geralmente podem apresentar uma série de fraturas. Seus formatos variam de praticamente equidimensionais à levemente alongados, e medem de 0,2 a 1,3 mm. Os grãos de carbonato ocorrem tanto na forma de grandes cristais, nos quais é possível observar suas direções de clivagem, quanto nos interstícios dos cristais de escapolita e piroxênio.

Quartzo e plagioclásio ocorrem em menor volume, tendem a ser equidimensionais e estão espalhados ao longo de toda a lâmina, ora formando bolsões, ora isolados no meio da massa rica em escapolita e clinopiroxênio cálcico. Nos cristais de clinozoisita é comum encontrar inclusões de algum mineral radioativo (possivelmente allanita), pois lhe confere um padrão de fratura radial.

#### Quartzo-granada-grunerita/cummingtonita fels

Essa rocha foi observada apenas em um afloramento e é completamente distinta das demais descritas. No afloramento SNA-168 ela ocorre na forma de um único bloco que apresentava densidade muito alta e textura em leques entrelaçados de anfibólio e, portanto era significativamente difícil amostrá-la. Uma possível justificativa para sua densidade é o teor de ferro presente, que ao microscópio, foi concluído que estava presente na granada (provavelmente almandina) e na solução sólida grunerita-cummingtonita.

Grande parte da lâmina apresenta estrutura maciça, porém em uma porção ocorre uma pequena intercalação entre bandas nematoblásticas com bandas granoblásticas. Os cristais de anfibólio, que compõem o maior volume da rocha, ocorrem em diferentes cortes e apresentam cores de birrefringência que variam do amarelo ao azul. Todos os grãos ocorrem geminados, e os tamanhos variam desde menor que um milímetro até 7,0 mm. Os cristais de granada chegam a medir 3,5 mm e apresentam inclusões de quartzo e clorita (muito raro) e fraturas preenchidas por material avermelhado (talvez biotita). Já certos grãos



são lípidos e não apresentam inclusões. Ocorrem geralmente junto aos cristais de anfibólio e raramente sobre a porção quartzosa. Em relação à ordem de crescimento das fases minerais, é possível dizer que os cristais de anfibólio com birrefringência azul se formaram antes, e por cima vieram tanto os grãos de granada quanto os cristais de anfibólio com birrefringência baixa. Uma terceira geração, crescida sobre todos os minerais anteriores é de anfibólio de birrefringência amarela, disposto fibroradialmente. Os grãos de quartzo, que é mineral menos presente, ocorrem em diversas granulações, medindo de 0,2 mm até 7,0 mm, são bastante irregulares e com bordas normalmente bem entrecortadas, abauladas, em pequenas protuberâncias arredondadas. A grande parte dos grãos apresentam extinção ondulante e trilhas de inclusões fluidas.

### Gondito

Os gonditos descritos encontravam-se nos cortes de estrada, em afloramentos decimétricos a métricos e eram compostos por granada, provavelmente espessartita, e quartzo de granulação fina, cobertos por uma capa de alteração de Mn. A gênese desta rocha pode estar associada a depósitos vulcano-exalativos como nos depósitos de mar profundo hoje descritos. Juntamente com o gondito ocorria um granada-quartzo xisto porfiroblástico de granulação fina-média bastante alterado, ora mais quartzoso ora mais micáceo. Não foram confeccionadas seções delgadas desta litologia.

## **4.2 Metamorfismo**

As análises do metamorfismo foram realizadas a partir das seções delgadas, onde foi possível descrever a relação inter-mineral e de crescimento que são afetadas durante os processos de avanço ou retrocesso metamórfico.

### *4.2.1 Nappe Andrelândia*

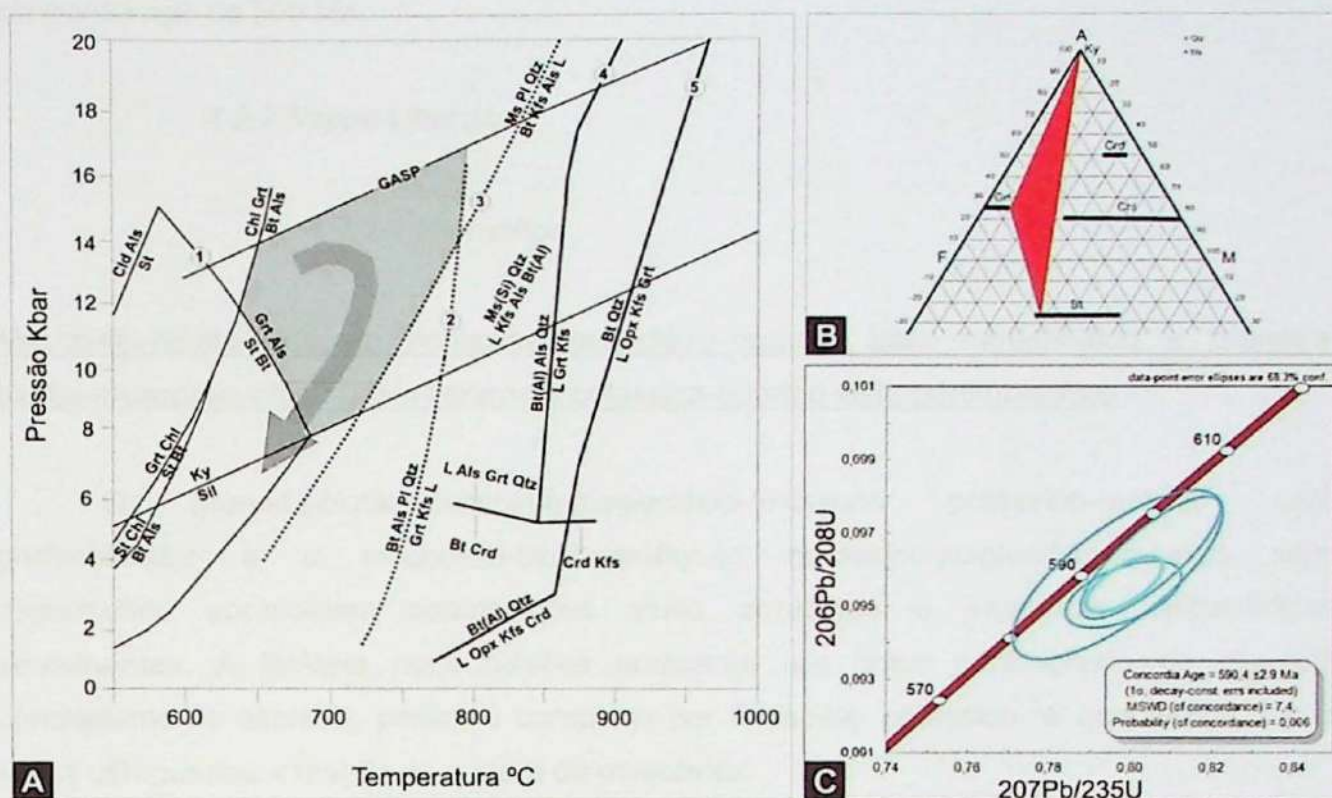
#### **4.2.1.1 Xisto Santo Antônio**

A partir da descrição textural e mineralógica da amostra SNA-201 foi possível delimitar o campo de pico metamórfico e trajetória P-T do granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto.

Pela descrição dos cristais de granada foi possível observar que eles não se encontram estáveis, estando todos bastante disformes e com bordas consumidas. Os grãos de cianita apresentam também formatos bastante irregulares, o que sugere uma reação de quebra destes minerais. Nos interstícios entre os cristais de quartzo e plagioclásio ocorrem

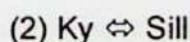
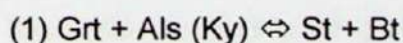


pequenos grãos de sillimanita, sugerindo a formação desta fase mineral decorrente da quebra de granada e cianita.



**Figura 13. (A)** Grade petrogenética ilustrando o campo do pico metamórfico (cinza claro) e a trajetória P-T (flecha cinza escuro). Linhas pontilhadas: reações experimentais para rochas pelíticas (Le Breton & Thompson, 1988); linhas escuras: reações experimentais para rochas do tipo wacke (Vielzeuf & Holloway, 1988); campo da estaurolita (Spear & Cheney, 1989); reação cianita-sillimanita (Berman, 1988); GASP (Newton & Haselton, 1981) **(B)** Paragênese ilustrada pelo diagrama AFM; **(C)** Idade concórdia do metamorfismo da unidade do Xisto Santo Antônio (elipses em azul são de *spots* localizados nas bordas, e elipse de cor ciano é a *concordia* age).

A granada e a cianita, juntamente com um pouco de biotita foram consumidas em parte para a geração de sillimanita. Desta forma é possível constatar que a paragênese metamórfica era formada por cianita, granada e biotita (figura 13 B). As reações do metamorfismo retrogressivo (trajetória P-T) foram:



A reação (1) indica que a granada começa a ser consumida juntamente com a cianita, porém a rocha não era muito rica em cianita, e o pouco que sobrou desta quebra, pela transformação polimórfica, gerou os cristais finos de sillimanita, indicada pela reação (2) entre os polimorfos de aluminossilicato. O pico metamórfico experimentado pela rocha se deu entre as temperaturas de 640 °C e 800 °C e sob pressões entre 7,0 e 14 Kbar (figura 13 A).



As bordas metamórficas foram analisadas por LA-ICP-MS e tratadas em diagrama concórdia (figura 14 C). Pela seleção de dados confiáveis, um grupo de cristais indicou uma *concordia age* de 590 Ma.

#### 4.2.2 Nappe Liberdade

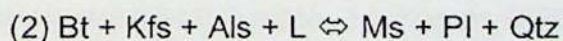
##### 4.2.2.1 Micaxistos

Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexitico e granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico

O granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico e o muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexitico apresentam composições muito parecidas e trajetórias metamórficas semelhantes. A litologia porfiroblástica apresenta um único porfiroblasto de granada completamente alterado, porém é composta por feldspato potássico, o que indica que a rocha ultrapassou a reação de quebra da muscovita.

Ambas as litologias descritas apresentam a composição que gravou o pico metamórfico de maior grau, a partir da geração de feldspato potássico pela quebra principalmente da biotita, e depois pela quebra da muscovita.

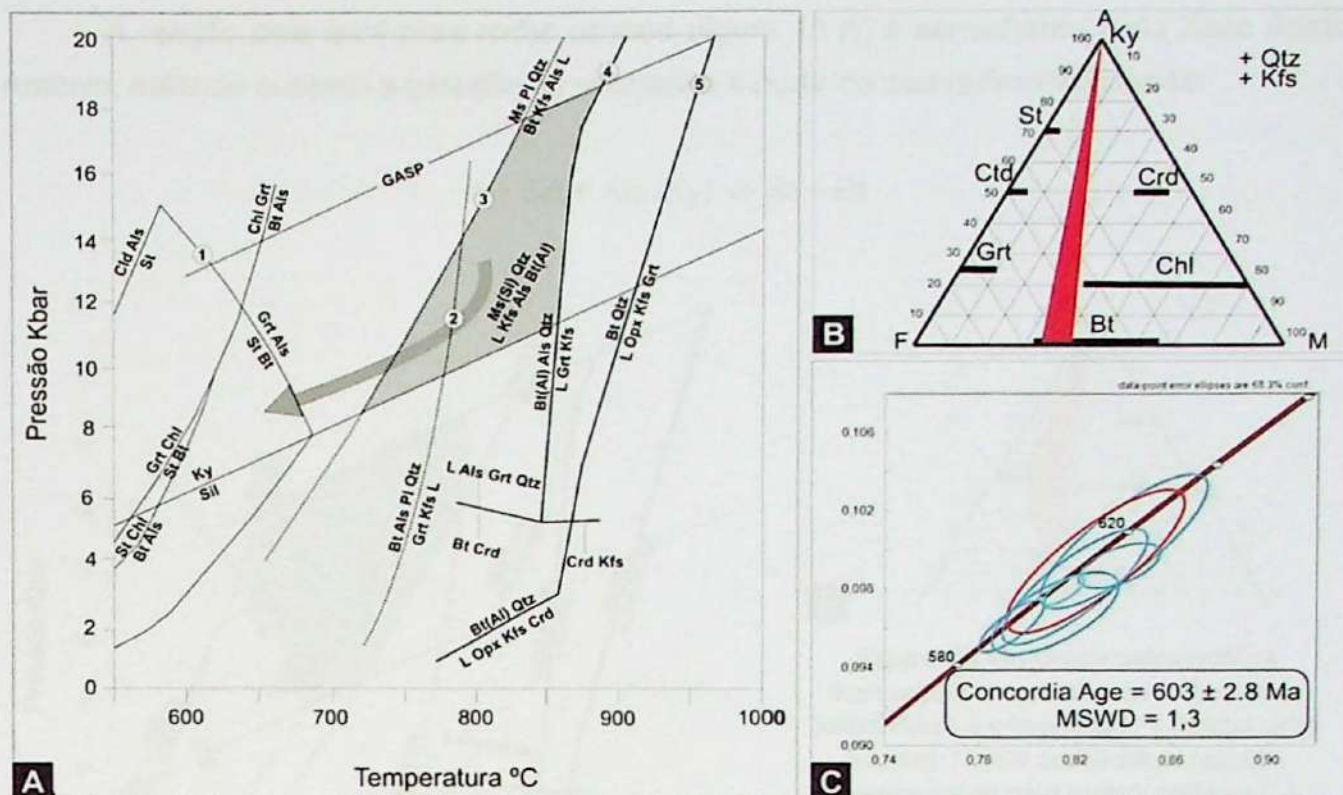
Na seção delgada das amostras SNA-172 E', 172 E'', SNA-180 B e SNA-182 foi possível observar que ora os cristais de biotita estavam substituindo os cristais de muscovita, ora ocorria o oposto. Abaixo seguem as reações conforme a trajetória P-T do metamorfismo (figura 14 A):



A reação (1) ilustra a geração de feldspato potássico a partir da quebra da muscovita, (2) reação do metamorfismo retrogressivo: recristalização de muscovita a partir da biotita. A paragênese do pico metamórfico foi constituída por biotita, feldspato potássico e (cianita) e gravou temperaturas entre 650 e 830 °C e pressões de 8 a 16 Kbar (figura 14 B).

A figura 14 C mostra o diagrama concórdia com dados de cristais metamórficos ( $\text{Th/U} < 0,1$ ) que condizem com a idade de metamorfismo brasileiro dessas unidades. A *concordia age* para este grupo de dados resultou em um metamorfismo de aproximadamente 603 Ma.





**Figura 14. (A)** Grade petrogenética ilustrando o campo do pico metamórfico (cinza claro) e a trajetória P-T (flecha cinza escuro). Linhas pontilhadas: reações experimentais para rochas pelíticas (Le Breton & Thompson, 1988); linhas escuras: reações experimentais para rochas do tipo wacke (Vielzeuf & Holloway, 1988); campo da estaurolita (Spear & Cheney, 1989); reação cianita-sillimanita (Berman, 1988); GASP (Newton & Haselton, 1981) **(B)** Paragênese ilustrada pelo diagrama AFM; **(C)** Idade concórdia do metamorfismo da amostra SNA-172 E (elipses em azul são de *spots* localizados nas bordas, vermelhos no meio dos grãos, e elipse de cor ciano é a *concordia age*).

### Granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita

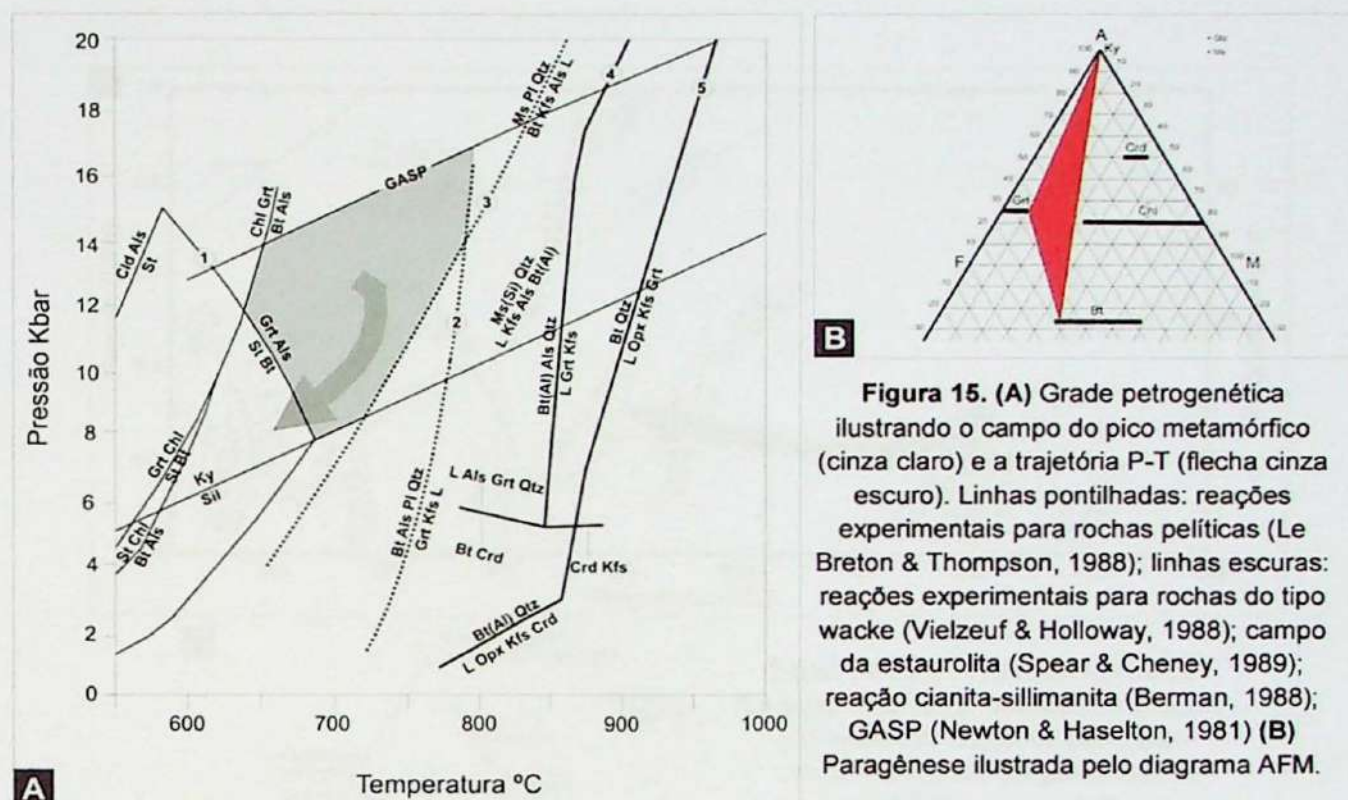
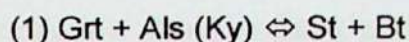
O granada-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita apresenta, em lâmina, indícios de ter gravado durante o pico metamórfico a paragênese constituída por cianita, granada e biotita (figura 15 B), condizente com fácies anfibolito superior. Esta assembleia aparentemente foi consumida em parte, na fase de metamorfismo retrogressivo, para a geração de estaurolita.

Os cristais de biotita são relativamente finos, em parte estão xenoblásticos e sempre ocorrem associados aos grãos de muscovita. A cianita ocorre de maneira rara e cheia de inclusões de quartzo, assim como os porfiroblastos de granada, que apresentam inúmeras inclusões, tanto de quartzo, como de minerais opacos, rutilo, zircão e localmente, biotita. Os grãos de estaurolita são tanto xenoblásticos quanto subidioblásticos, apresentam ocasionalmente algumas inclusões de quartzo, zircão e minerais opacos.

O pico metamórfico se deu em um campo de estabilidade no qual não houve quebra da muscovita para geração de feldspato potássico, e portanto não ultrapassou 770 °C.



A reação pela qual essa rocha passou (figura 15 A) é semelhante à do Xisto Santo Antônio, estando ausente a geração de sillimanita a partir do seu polimorfo, cianita:



#### Granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico

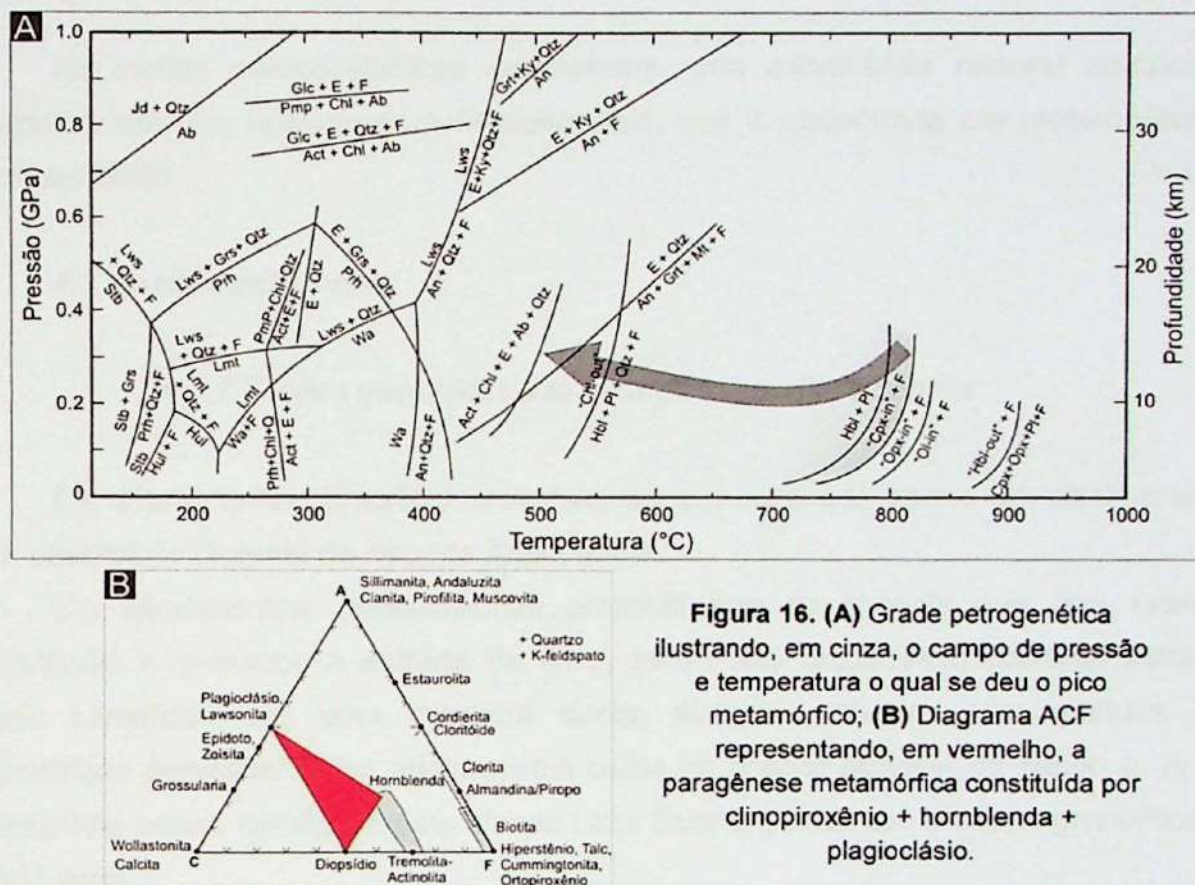
Esta litologia foi descrita em grande parte do trabalho de campo, ocorrendo inclusive junto ao xisto com turmalina hidrotermal e aos muscovita quartzitos, que não apresentam minerais índice que permitam analisar as condições metamórficas pelas quais estas rochas passaram. Os afloramentos dos quais foram feitas lâminas foram o SNA-169 e SNA-197.

Ao microscópio foi possível observar, na seção delgada SNA-169 cristais de granada límpidos, sem inclusões, relativamente bem formados sobre a foliação, sugerindo que são cristais posteriores ao pico metamórfico, porém como descrito na lâmina do afloramento SNA-175, ocorrem porfiroblastos de granada com muitas inclusões e formatos bastante irregulares, o que sugere que esse mineral foi parcialmente consumido durante o avanço do metamorfismo. Com essas análises é possível deduzir que o metamorfismo regressivo não saiu do campo de bárico de estabilidade da granada, mas sob condições térmicas mais baixas, permitindo a entrada no campo da estauroлита. A paragênese é constituída por biotita, granada e cianita (figura 15).

#### Titanita-epidoto anfibolito metatexítico



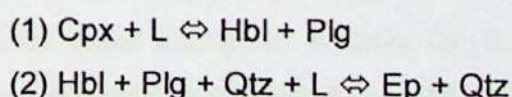
O titanita-epidoto anfibolito metatexítico, descrito através das lâminas SNA-171 B e SNA-172 B, mostrou ter gravado o pico metamórfico em fácies anfibolito superior, pela presença de hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio, paragênese ilustrada pelo diagrama ACF da figura 16 B.



**Figura 16. (A)** Grade petrogenética ilustrando, em cinza, o campo de pressão e temperatura o qual se deu o pico metamórfico; **(B)** Diagrama ACF representando, em vermelho, a paragênese metamórfica constituída por clinopiroxênio + hornblenda + plagioclásio.

Na grade petrogenética da figura 16 A, o campo do pico metamórfico ilustra a coexistência de hornblenda, plagioclásio, quartzo, clinopiroxênio e líquido, e se deu no campo de estabilidade de 750° a aproximadamente 800° C e pressões entre 0,1 e 0,4 GPa. O fluido presente pode ser observado em lâmina pela ocorrência de cristais de hornblenda com muitas inclusões de gotas de quartzo arredondadas, o que também indica o início de seu consumo. Estas rochas apresentaram poucos cristais de piroxênio, indicando que houve uma fase de metamorfismo regressivo na qual a grande parte dos grãos desta fase mineral foi consumida. A presença de um alto teor de epidoto pode ser explicada por uma fase de permanência mais significativa em fácies de menor temperatura.

As reações do metamorfismo regressivo podem ser escritas desta maneira:





Tais reações indicam que a rocha saiu da fácies anfibolito superior e entrou na transição na fácies epidoto-anfibolito.

Titanita-granada-biotita-anfibólio gnaiss calciossilicático e titanita-epidoto-carbonato-escapolita-diopsídio gnaiss calciossilicático

As rochas calciossilicáticas apresentam uma assembleia mineral composta por escapolita, epidoto, hornblenda e clinopiroxênio, que é encontrada em metamorfismos de fácies anfibolito.

### 4.3 Análise estrutural

#### 4.3.1 Seções geológicas e localização dos afloramentos

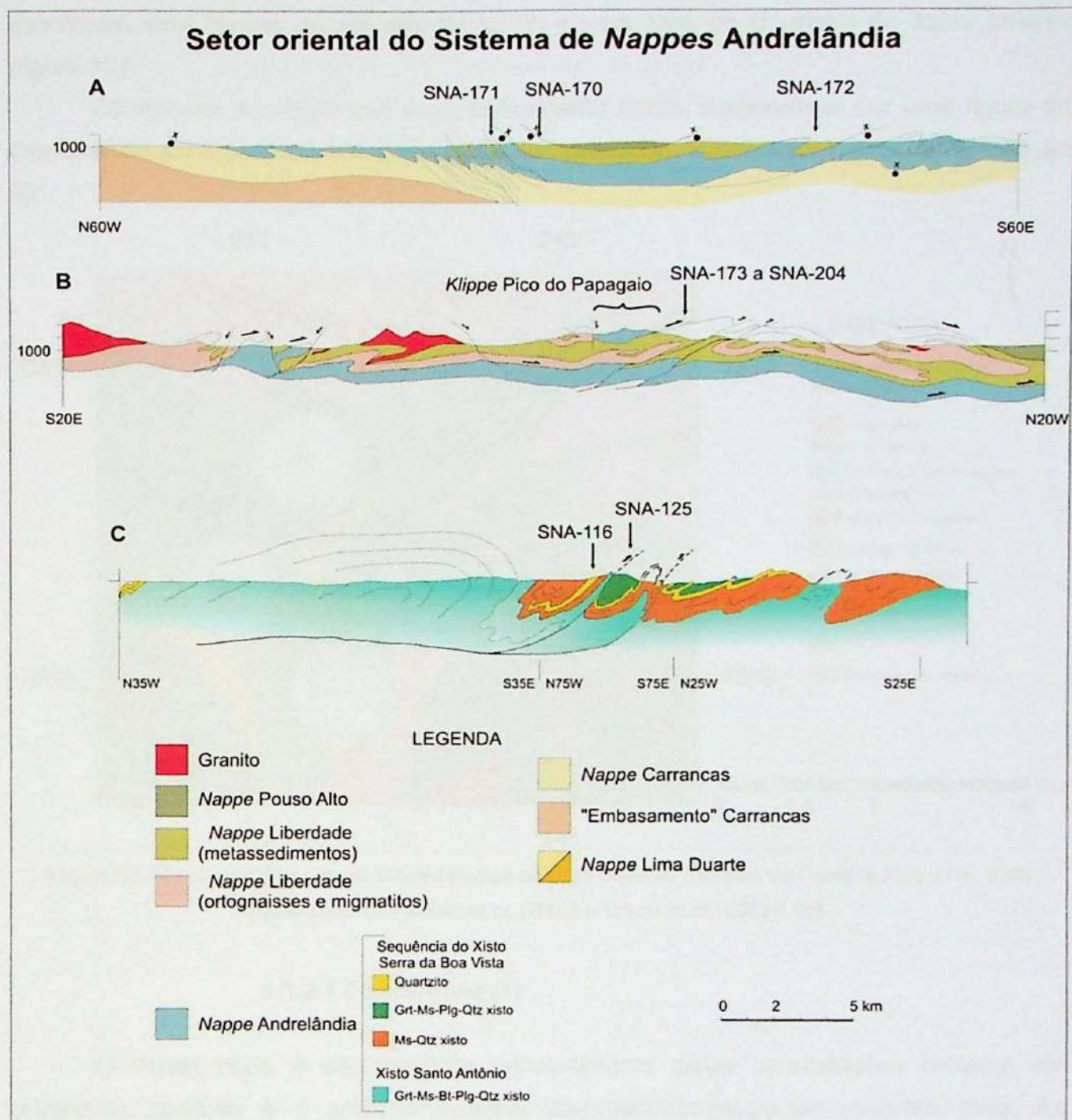
Os afloramentos descritos encontram-se em extensas zonas de cisalhamento do setor oriental do Sistema de *Nappes* Andrelândia.

Os afloramentos, descritos nas proximidades da rodovia que liga Arantina à Andrelândia e próximos à estrada de ferro, estão nas unidades metassedimentares da *Nappe* Liberdade, em uma estrutura tardia, sinformal aberta, com grandes dobras assimétricas parasitas. Estes afloramentos estão na porção sudeste da seção A. A *Nappe* Andrelândia ocorre cavalgada pela *Nappe* Lima Duarte e esta sob a *klippe* granulítica Serra da Natureza.

Na seção B, que envolve a Serra do Pico do Papagaio, observa-se que ortognaisses e migmatitos riacianos encontram-se em núcleos de dobras recumbentes redobradas, no interior da *Nappe* Liberdade. Os afloramentos foram descritos, na *Nappe* Liberdade, em direção à *Klippe* do Pico do Papagaio, que expõe a unidade intermediária da *Nappe* Andrelândia, Xisto Santo Antônio. Os afloramentos estão, em sua maioria, sobre unidades metassedimentares da *Nappe* Liberdade, em uma estrutura antiformal redobrada com flanco inferior rompido por uma rampa de cavalgamento.

Os afloramentos SNA-116 e SNA-125, descritos em 2012, encontram-se no interior da *Nappe* Andrelândia, próximos a Serra da Boa Vista, aos municípios de Santana do Garambéu e Andrelândia. Os litotipos foram amostrados em duas estruturas sinformais, próximos a rampas de cavalgamento, onde afloram quartzitos, granada-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto e muscovita-quartzo xistos. Na sinforme mais ao sul o granada-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto aflora no intrado da dobra, com finas camadas de quartzitos na porção intermediária e muscovita-quartzo xisto no extrado (figura 17).





**Figura 17.** Seções geológicas do setor oriental do Sistema de Nappes Andrelândia; **(A)** seção geológica da área estudada a leste, próxima aos municípios de Arantina e Andrelândia, com os afloramentos SNA-170 a SNA-172 devidamente localizados; **(B)** seção geológica da região estudada nas proximidades do município de Aiuruoca, cortando a *Klippe Pico do Papagaio* e com os afloramentos SNA-173 a SNA-204 localizados (retirado de Campos Neto *et al.* 2007); **(C)** seção geológica próxima a Serra da Boa Vista e do município de Andrelândia, com os afloramentos SNA-116 e SNA-125 localizados (retirado de Frugis & Campos Neto, 2012).

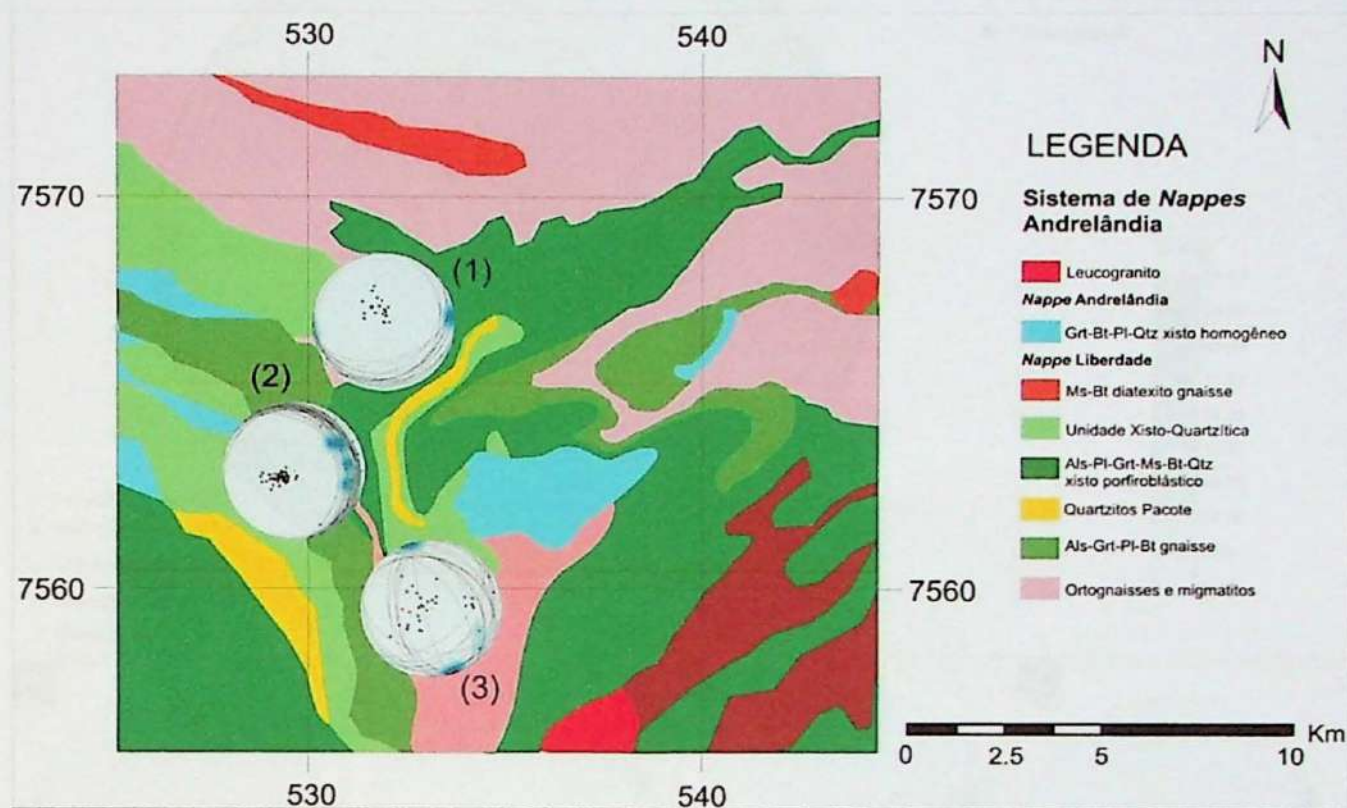
#### 4.3.2 Análise da estrutura nas imediações do Pico do Papagaio

Para a análise da estrutura da encosta oeste-noroeste do Pico do Papagaio (subida ao retiro dos Pedros), os elementos estruturais medidos foram separados em três domínios



estruturais, dois flancos do dobramento tardio e uma zona de charneira da dobra anterior (figura 18).

Observa-se no mapa que esse dobramento tardio, responsável por uma figura de interferência em laço, superpõe-se a uma mega dobra D3, fracamente inclinada, da foliação S2.



**Figura 18.** Mapa geológico com os estereogramas de cada domínio. Extraído de Campos Neto *et al.* 2004 (Modificado de Paciullo *et al.* (2002) e Trouw *et al.* (2002a, b)).

#### 4.3.2.1 Flanco norte (1)

O flanco norte é caracterizado principalmente pelas intercalações métricas do muscovita quartzito e o granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto. As atitudes utilizadas para o estereograma deste domínio foram as dos afloramentos SNA-173 ao SNA-180.

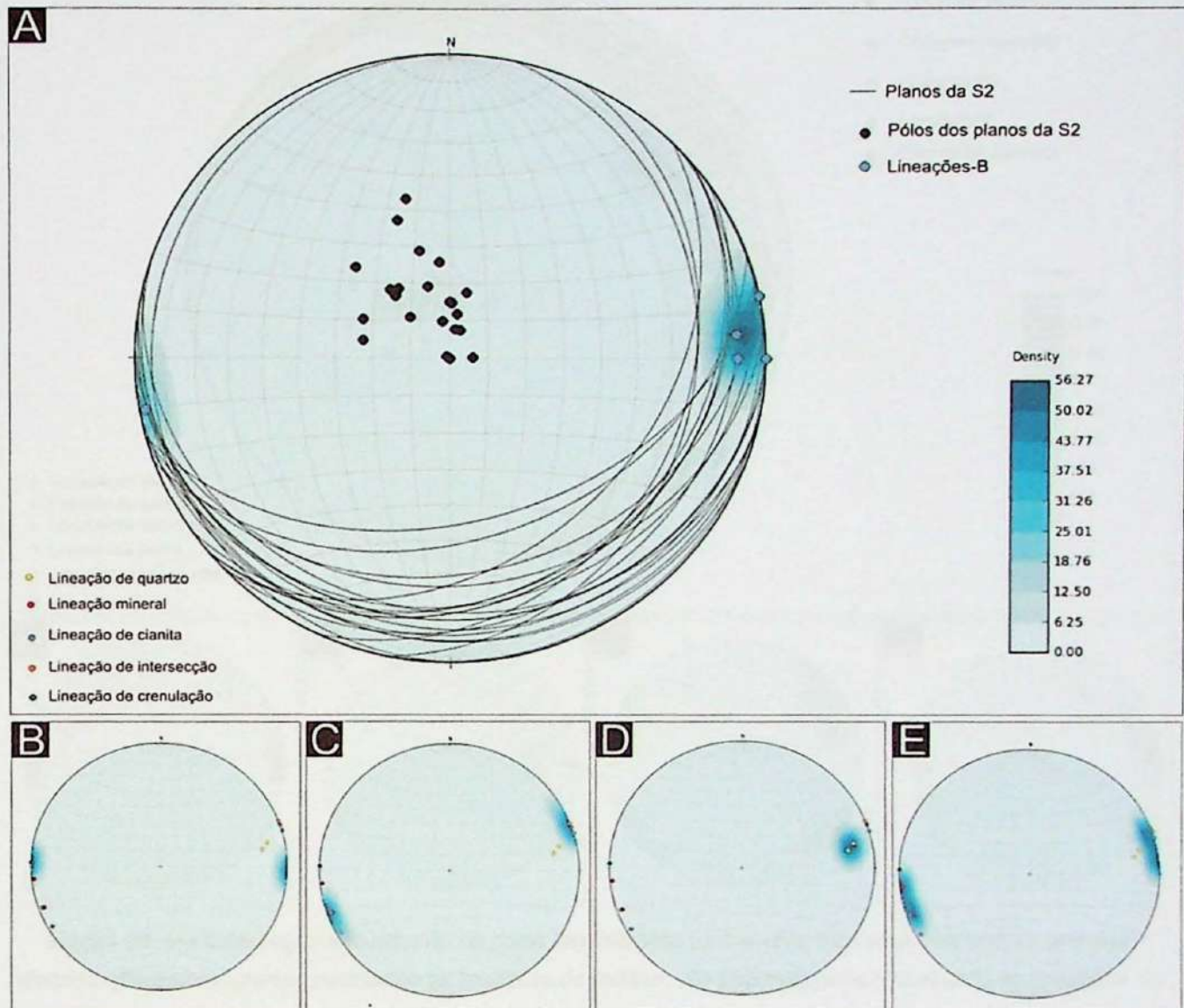
As medidas de foliação S2 apresentam baixo ângulo de mergulho, e não apresentam grande dispersão quanto à direção das camadas. As medias de lineação também apresentam baixo ângulo de caimento e ocorrem em direções preferenciais aproximadamente E-W.

A partir da análise dos estereogramas, foi possível observar que as medidas das lineações-B estão contidas em planos a 90 graus das medidas de foliação, indicando um dobramento com eixo E-W (figura 19 A).

Os estereogramas feitos para as lineações de crenulação (figura 19 B), de quartzo (figura 19 D) e mineral (figura 19 E), encontram-se subparalelas aos eixos B do dobramento,



orientadas aproximadamente E-W. As lineações de cianita (figura 19 C), que indicam o fluxo na S2 durante o pico metamórfico, orientam-se aproximadamente N20°E / S20°W.



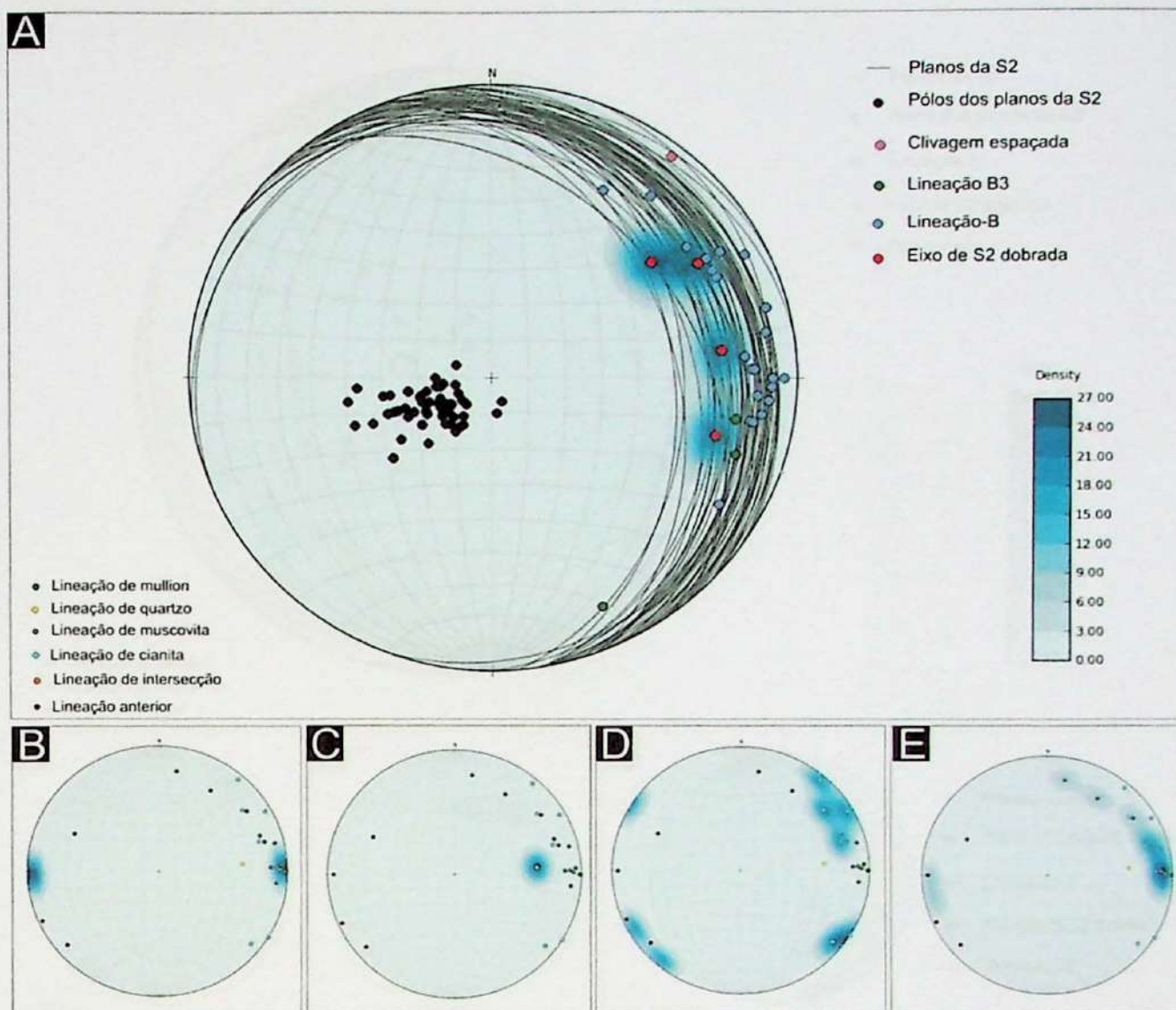
**Figura 19. (A)** Estereograma ilustrando os polos das foliações (preto) juntamente com seus respectivos planos, e as lineações-B. **(B)** Estereograma ressaltando as lineações de crenulação. **(C)** Estereograma ressaltando as lineações de cianita. **(D)** Estereograma ressaltando as lineações de quartzo. **(E)** Estereograma ressaltando as lineações minerais.

#### 4.3.2.2 Flanco sul (2)

No flanco sul as medidas de foliação foram bastante concordantes ao longo dos afloramentos, gerando uma simetria axial dos polos S2. As medidas de lineação-B e eixos de dobras ocorrem preferencialmente orientadas para W com baixo caimento (figura 20 A).

A projeção estereográfica de *mullions* (figura 20 B), de lineações de quartzo (figura 20 C) e muscovita (figura 20 E) encontram-se subparalelas às medidas de eixo B. A lineação de cianita (figura 20 D) encontra-se dispersa e com uma orientação preferencial para NE.



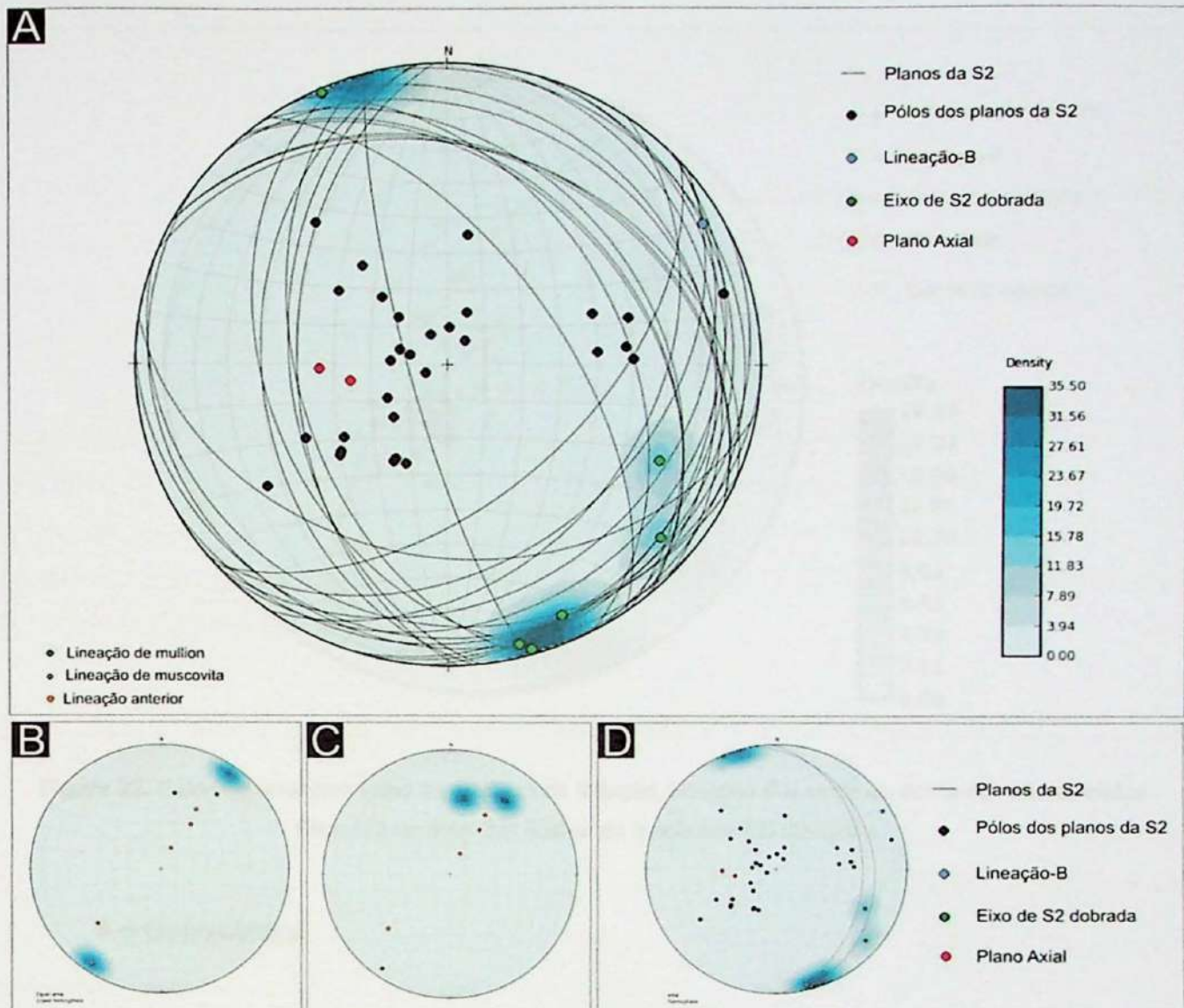


**Figura 20.** (A) Estereograma ilustrando os polos das foliações juntamente com seus respectivos grandes círculos. (B) Estereograma ressaltando as lineações de mullion. (C) Estereograma ressaltando as lineações de quartzo. (D) Estereograma ressaltando as lineações de cianita. (E) Estereograma ressaltando as lineações muscovita.

#### 4.3.2.3 Zona de charneira da dobra anterior (3)

Este domínio encontra-se na porção mais ao sul da estrutura, e refere-se a zona de charneira do dobramento anterior, da fase D3. Os polos das foliações ocorrem dispersos, mas grosseiramente contidos em uma guirlanda com polo a ESE. Interseções destes plano também definem direções axiais NNW e SSE (figura 21 A). Medidas de plano axial de dobras fracamente inclinadas (D3) contém a dispersão dos eixos B medidos (figura 21 B). As lineações de muscovita (figura 21 C) e *mullion* (figura 21 D) orientam-se para NNE e devem indicar o eixo da dobra D3 dobrada.

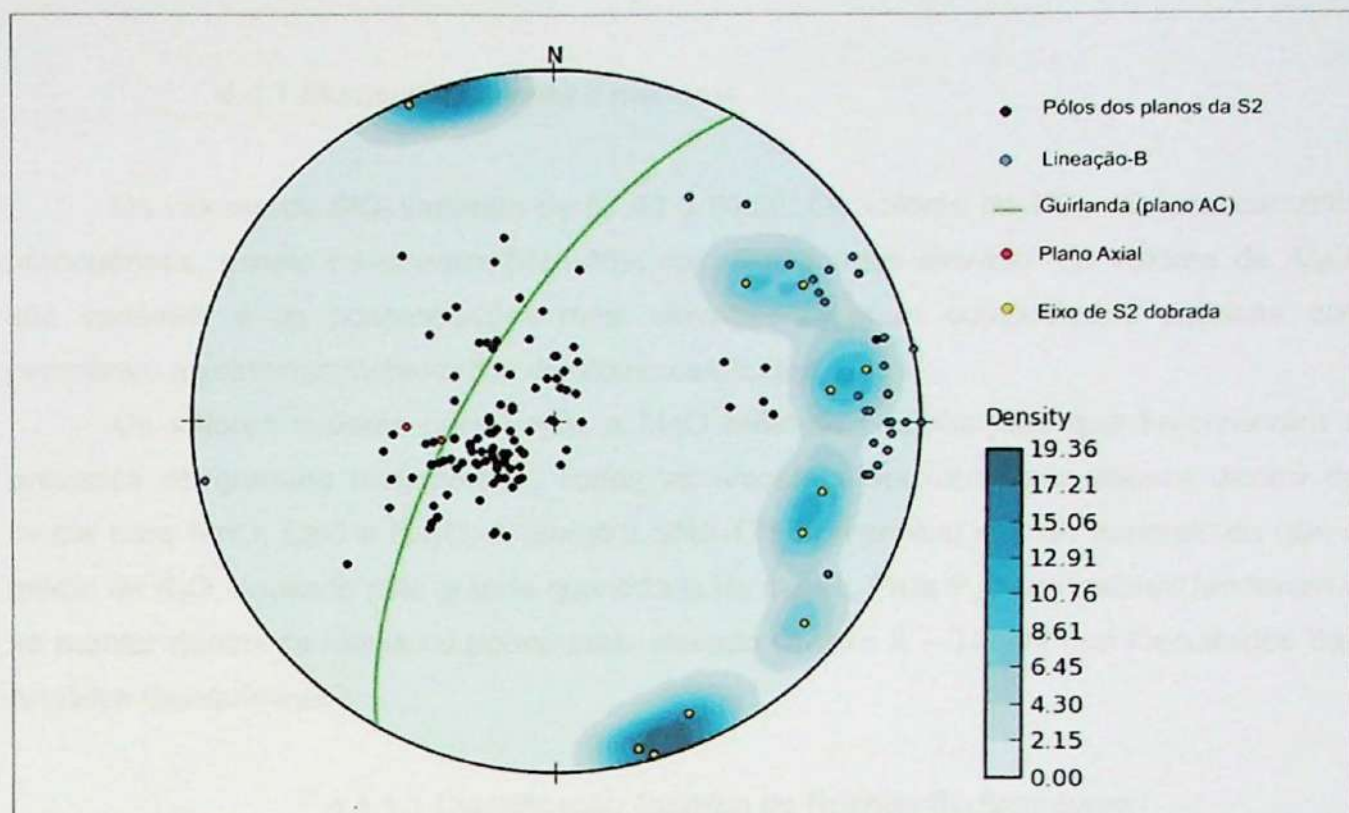




**Figura 21. (A)** Estereograma ilustrando os polos das foliações juntamente com seus respectivos grandes círculos; **(B)** Estereograma ressaltando as lineações de muscovita; **(C)** Estereograma ressaltando as lineações de mullion; **(D)** Estereograma ilustrando os polos das medidas de plano axial, juntamente com seus grandes círculos.

A figura 22 corresponde à projeção completa dos elementos estruturais da seção, e define um dobramento cilíndrico, fracamente inclinado e vergente para WNW, com eixo construído orientado para aproximadamente S35°E. Tal geometria deve representar a dobra D3 suavemente deformada pelo dobramento sinformal tardio com eixo de baixo caimento para W.





**Figura 22.** Estereograma com todas as medidas de foliação, lineação B e eixos de dobra dos afloramentos SNA-173 ao SNA-204 ilustrando o dobramento discutido.

#### 4.4 Geoquímica

A composição química de rochas metassedimentares deve representar os processos que atuaram sobre os sedimentos, desde o intemperismo e erosão da rocha-fonte até a deposição, diagênese e possíveis modificações pelo metamorfismo. Tais processos interferem na composição química dos sedimentos, modificando as concentrações de cada elemento e fazendo com que valores analisados não necessariamente correspondam a composição química original da rocha e/ou área-fonte.

Elementos altamente instáveis e que facilmente têm suas concentrações alteradas por processos intempéricos, como Na, K, Ca e Al, apresentam um papel específico no estudo da proveniência. O maior objetivo das análises desses elementos é compreender as condições paleoclimáticas atuantes na época da deposição e estimar a distância que as partículas sedimentares percorreram da área-fonte até a bacia de sedimentação.

Já elementos mais estáveis, como alguns elementos traço, tendem a não apresentar grandes modificações em suas concentrações durante processos de intemperismo, transporte, sedimentação e diagênese.



#### 4.4.1 Elementos maiores e menores

Os valores de  $\text{SiO}_2$  variaram de 57,49 a 70,20. Os valores de  $\text{TiO}_2$  são praticamente homogêneos, exceto na amostra SNA-169, cujo teor é mais elevado. Os valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são variáveis e as concentrações mais elevadas refletem composições pelíticas que permitiram a presença metamórfica de aluminossilicatos.

Os valores maiores para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{MgO}$  refletem composições que favoreceram a presença de granada metamórfica. Todas as amostras apresentaram valores dentro da média para  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ . A amostra SNA-175 apresentou valores maiores do que a média de  $\text{K}_2\text{O}$ , causado pela grande quantidade de micas. Para  $\text{P}_2\text{O}_5$  os valores tenderam a se manter dentro da média ou pouco mais elevado (Anexo 4 – Tabela dos Resultados das Análises Geoquímicas).

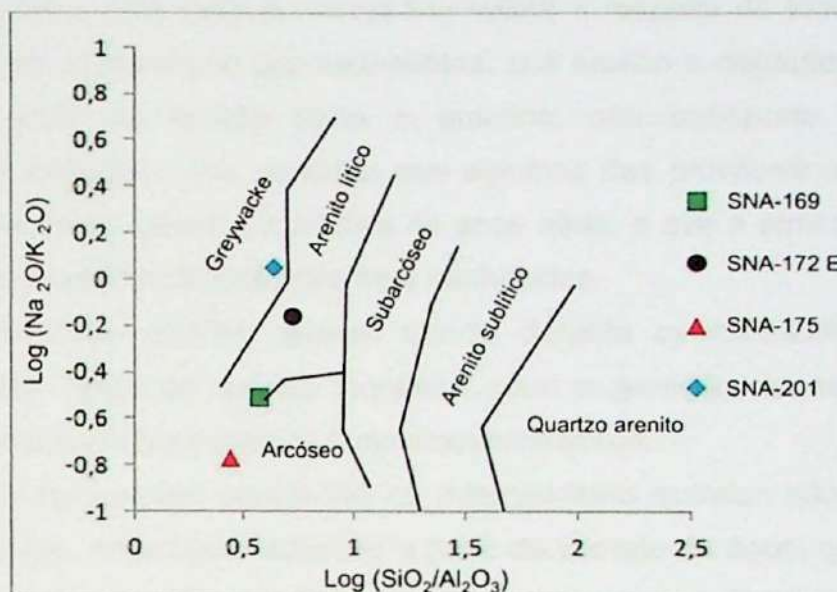
##### 4.4.1.1 Classificação Química de Rochas Sedimentares

Pettijohn *et al.* 1972 elaboraram um diagrama para classificação de rochas sedimentares a partir das razões  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ , que diferencia rochas ricas em plagioclásio albitico de rochas ricas em feldspato potássico e micas ricas em K, e  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , que distingue rochas maduras de imaturas. Segundo os autores este diagrama não é particularmente útil para classificação quanto ao nome da rocha, mas simplesmente apresenta composição elemental, mineralógica e tipo de rocha. No entanto Herron (1988) considerou que a primeira razão fosse eficaz somente para a distinção entre *graywackes* e arcóseos e não seria corretamente aplicada para separação de rochas ricas em fragmentos líticos das ricas em feldspatos, portanto ele sugeriu que  $\text{Na}_2\text{O}$  fosse substituído por  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e que a razão  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$  apresentaria uma melhor distinção entre rochas ricas em feldspato potássico, muscovita e quartzo daquelas ricas em fragmentos líticos, assim como uma medida de estabilidade mineral.

Segundo o diagrama de classificação elaborado por Pettijohn *et al.* 1972 (figura 23), a amostra SNA-169 foi classificada como uma transição entre arcóseo e arenito lítico, apresentando valores relativamente baixos de  $\text{SiO}_2$  em relação a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e valores bem baixos de  $\text{Na}_2\text{O}$  em relação a  $\text{K}_2\text{O}$ , indicando sedimentos imaturos, com maior presença de micas ricas em K em relação a presença de plagioclásio albitico. A amostra SNA-172 E foi plotada no campo do arenito lítico, com valores próximos de  $\text{SiO}_2$  em relação a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e, em relação a amostra SNA-169, um menor teor de  $\text{K}_2\text{O}$  que indica sedimento com maior teor de plagioclásio albitico do que em micas ricas em K. A SNA-175 foi classificada como arcóseo, apresentando maiores valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e de  $\text{K}_2\text{O}$  o que indica uma rocha bastante imatura

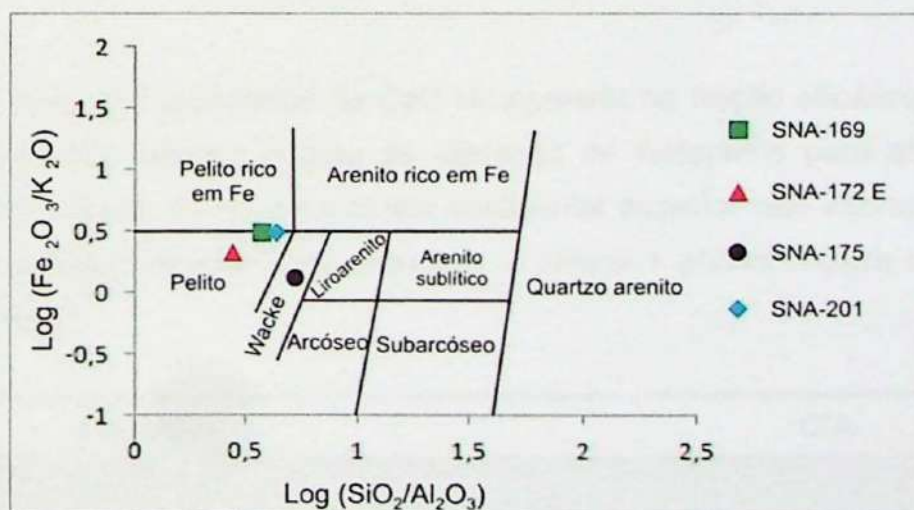


com maior quantidade de micas ricas em K em relação a plagioclásio. A amostra SNA-201 está no campo da *greywacke*, indicando maiores quantidades de micas ricas em K em relação às demais amostras.



**Figura 23.** Diagrama de classificação de arenitos terrígenos segundo Pettijohn *et al.* 1972, usando  $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$  vs.  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$  com os dados plotados das amostras.

Já no diagrama elaborado por Herron (1988) (figura 24) as amostras SNA-169 e SNA-201 foram classificadas como transição entre pelito e pelito rico em Fe, mostrando uma quantidade razoável de mineral ferromagnesiano, no caso a granada, em relação a minerais potássicos como as micas. A amostra SNA-172 E está no campo do pelito, com maiores teores de feldspato em relação ao quartzo, e a SNA-175 foi classificada como *wacke*, apresentando maiores teores de quartzo em relação às demais amostras.



**Figura 24.** Diagrama de classificação de arenitos terrígenos e xistos segundo Herron (1988), usando  $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$  vs.  $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$  com os dados plotados das amostras.



#### 4.4.1.2 Análise do Intemperismo

As rochas amostradas e analisadas quimicamente são todas metassedimentares e para tanto é necessário refletir a respeito de todos os aspectos que afetaram desde as rochas-fonte dos sedimentos, sua erosão e degradação, a geração dos sedimentos a partir de erosão física e química, seu transporte até a bacia, sua sedimentação e litificação. Vale ressaltar que algumas das prováveis rochas-fonte desses metassedimentos foram geradas a bilhões de anos atrás, e que a atmosfera assim como o tempo atuava de maneiras distintas das hoje conhecidas.

O intemperismo químico intenso ocorre durante os momentos de quiescência tectônica, já altas taxas de erosão mecânica para a geração de sedimentos clásticos geralmente ocorrem durante períodos tectonicamente ativos.

As principais reações envolvidas no intemperismo químico são as de hidratação, dissolução, hidrólise, acidólise e oxidação a partir do contato da água, que absorve CO<sub>2</sub> da atmosfera e adquire características ácidas, e do ar com os elementos menos estáveis quimicamente à superfície. O progresso do intemperismo em rochas silicáticas resulta na perda de elementos como K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, transformando os minerais primários. Tais reações originam rochas ricas em argilominerais e óxidos de ferro hidratado.

O grau de intemperismo que essas rochas sofreram pode ser estimado pelo *Chemical Index of Alteration – CIA* (Nesbitt & Young, 1982) calculado, usando proporções moleculares, a partir da equação:

$$CIA = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O} * 100$$

Onde Cao\* é a quantidade de CaO incorporado na fração silicática da rocha. Esse indicador mede com eficácia o grau de alteração de feldspatos para argilominerais. Os valores variam entorno de 50 para crosta continental superior não intemperizada até 100 para argilas residuais severamente alteradas. A tabela 1 abaixo mostra o CIA para cada amostra analisada.

Amostras	CIA
SNA-169	72,72
SNA-172E	54,85
SNA-175	75,13
SNA-201	60,32

Tabela 1. Valores de CIA para as amostras analisadas. CIA = [ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O ) ] \* 100; óxidos em proporção molecular.



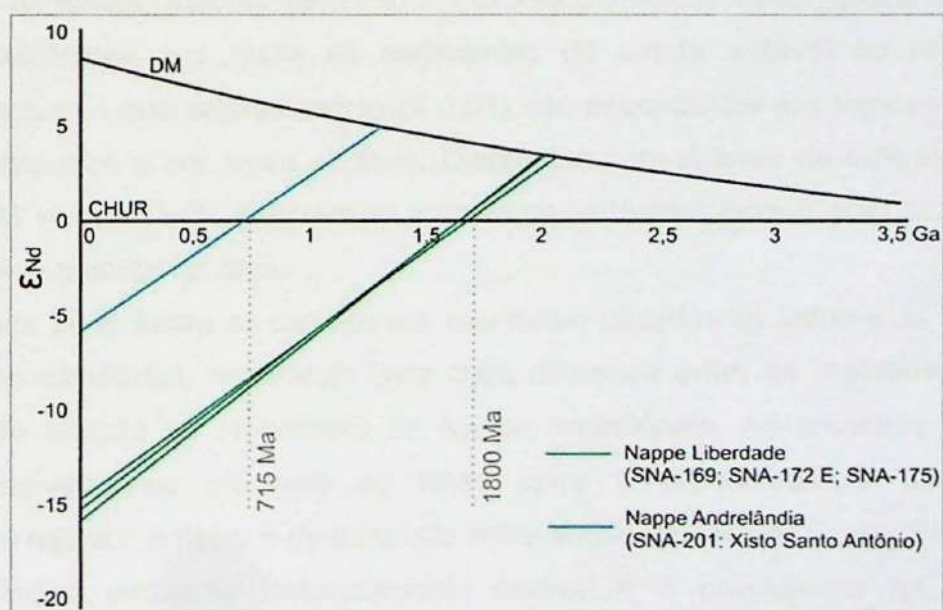
De acordo com Taylor & McLennan (1985), xistos tipicamente apresentam valores de CIA entre 70 e 75, indicando que os efeitos do intemperismo não evoluíram até os estágios nos quais os elementos alcalinos são substancialmente removidos dos argilominerais, dessa forma é possível observar que o CIA de duas das amostras, SNA-169 e SNA-175, se encontram nessa média. Já os indicadores da SNA-172 E apresenta índice de alteração química muito baixo, próximo à média da crosta continental superior.

#### 4.4.2 Sistema isotópico Sm-Nd

O sistema isotópico Sm-Nd, no caso de rochas metassedimentares, diferencia influências mantélicas e crustais em relação às rochas-fonte dos sedimentos. Valores positivos de  $\epsilon_{Nd}$  indicam contribuição principalmente mantélica, enquanto que valores cada vez mais negativos indicam uma maior residência crustal destes elementos.

Na figura 25 está o diagrama da evolução do Nd em função do tempo, com os dados das amostras da *Nappe* Liberdade (SNA-169, SNA-172 E e SNA-175) e da Andrelândia (SNA-201).

As rochas analisadas da *Nappe* Liberdade, em verde, sugerem uma assinatura mantélica, juvenil, para a área fonte no Orosiriano, a partir de 1800 Ma.



**Figura 25.** Diagrama de evolução do Nd *versus* tempo das rochas amostradas da *Nappe* Liberdade e da *Nappe* Andrelândia.

Para o Xisto Santo Antônio a assinatura juvenil da área-fonte dos sedimentos é neoproterozóica.



#### 4.4.3 Geoquímica e o contexto tectônico das áreas-fonte

Além da discussão dos elementos maiores acerca do grau de intemperismo que as rochas sofreram (discutido no item 4.4.1.2), alguns diagramas que utilizam razões entre estes elementos, como  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  versus  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  indicam, para rochas sedimentares, suas prováveis áreas-fonte relacionadas ao ambiente tectônico (Campos Neto *et al.* 2011). Depósitos de margem passiva geralmente apresentam valores altos de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e valores intermediários de  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  enquanto que depósitos provenientes de margens ativas apresentam razões baixas de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e de  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ( $< 1$ ) (McLennan *et al.* 1990). Valores baixos da razão  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e altos da razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  são encontrados em depósitos relacionados a colisões continentais.

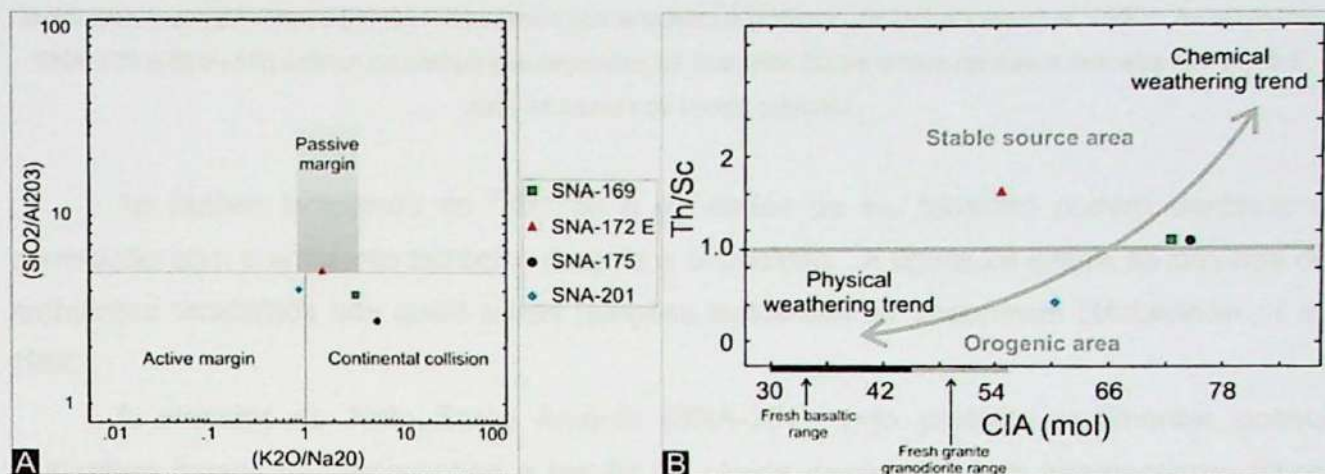
A figura 26 A discute a relação entre as razões  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  em relação aos ambientes tectônicos das prováveis áreas-fonte dos sedimentos. Os ambientes deposicionais das amostras SNA-169, SNA-175 e SNA-172E possuem uma assinatura orogênica, a amostra SNA-172E no limite com um ambiente de maior reciclagem sedimentar. A amostra SNA-201, com assinatura juvenil neoproterozóica, encontra-se no campo de margem ativa.

A razão Th/Sc, segundo Taylor & McLennan (1985), reflete a composição geral da área-fonte, o que leva a conclusão de que a heterogeneidade desses valores impliquem em uma mistura de fontes. Valores de  $\text{Th}/\text{Sc} \geq 1$  são reconhecidos como típicos da maioria dos ambientes tectônicos nos quais os sedimentos de crosta estável ou reciclada estão expostos, enquanto que valores baixos ( $\leq 0,01$ ) são encontrados em regiões de bacias de retro-arco, ante-arco e em arcos de ilhas. Diagramas com valores de índices de alteração química (CIA) versus Th/Sc integram os ambientes tectônicos com o grau de intemperismo químico e físico atuante na área.

A figura 26 B ilustra os campos em que foram plotados os valores de Th/Sc vs. CIA das amostras estudadas, mostrando uma clara diferença entre os metapelitos da *Nappe* Liberdade em relação ao *metawacke* da *Nappe* Andrelândia. As amostras SNA-169 e a SNA-175 encontram-se próximas ao limite entre a predominância da atuação do intemperismo químico e físico e da transição entre ambiente estável e orogênico. A amostra SNA-172E indica ambiente tectonicamente estável e a prevalência de intemperismo químico, apesar de um índice baixo de alteração química (54,85). A amostra do Xisto Santo Antônio, a SNA-201, indica uma rápida deposição de sedimentos relacionados a intemperismo físico provenientes de uma área-fonte orogênica relacionada.

Estes dados são compatíveis com as observações de Campos Neto *et al.* 2011 acerca tanto da discussão entre índice de alteração química e a razão Th/Sc quanto da relação entre  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , tanto para as rochas da *Nappe* Andrelândia quanto para as da Liberdade.

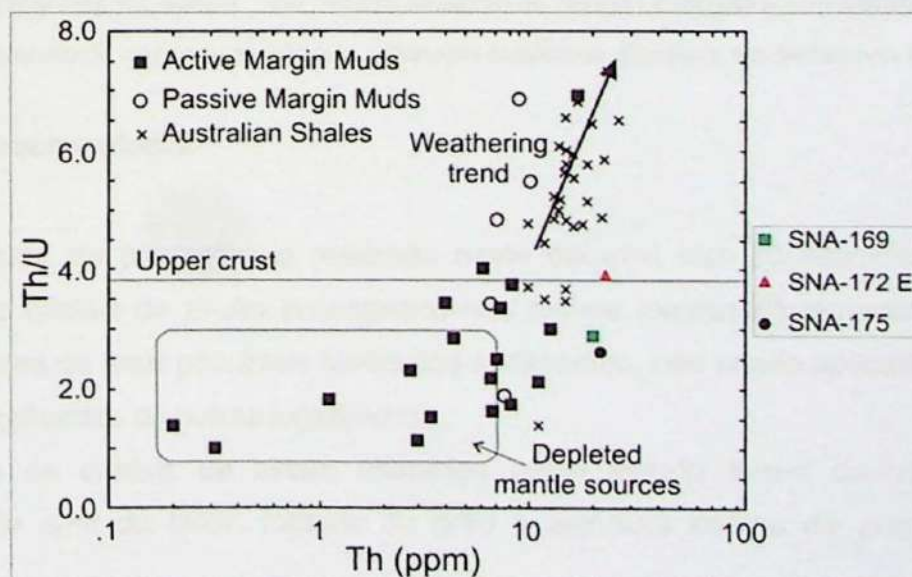




**Figura 26. (A)** Diagrama de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (retirado de McLennan *et al.* 1990) com os dados plotados das amostras estudadas; **(B)** Diagrama da razão Th/Sc vs. CIA (chemical index of alteration, Nesbitt and Young, 1982).

Em McLennan *et al.* 1993 é discutido o valor da razão Th/U *versus* Th em relação ao ambiente tectônico. Para grande parte das rochas de crosta superior os valores para Th/U estão acima 3,5 e 4,0, o que é explicado pelo fato de que o intemperismo e a reciclagem sedimentar sob condições oxidantes resultam normalmente na oxidação do  $\text{U}^{4+}$  em  $\text{U}^{6+}$ , sendo este último mais solúvel, o que leva o aumento, por dissolução, da razão Th/U em pelitos. Em casos nos quais a razão Th/U apresenta valores baixos devido a processos sedimentares, é provável que esse fato seja consequência ao enriquecimento de U, refletido pela maior mobilidade deste elemento. Valores baixos de Th/U são comumente encontrados em sedimentos provenientes de margens ativas.

A figura 27 ilustra o diagrama de Th/U *versus* Th para sedimentos pelíticos no qual foram plotados os valores das amostras de metapelitos. Sugerem um ambiente de margem ativa, estando, a amostra SNA-172 E, como nos diagramas anteriores, no limite com domínios mais estáveis, devido a sua composição francamente pelítica.

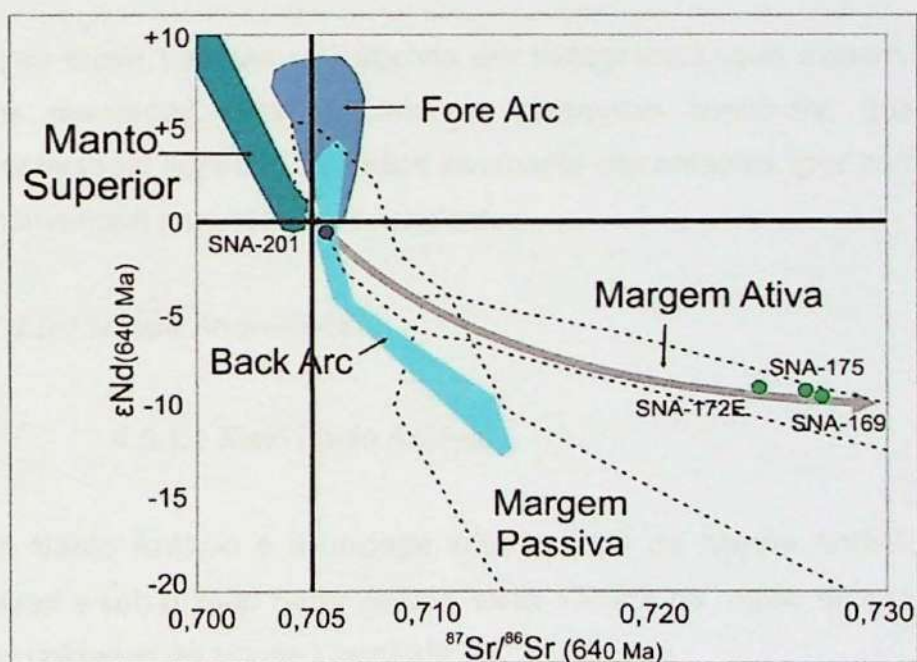




**Figura 27.** Diagrama Th/U vs. Th com valores plotados de lamias turbidíticas modernas de vários ambientes tectônicos e comparadas a pelitos australianos pós-arqueanos (retirado de McLennan *et al.* 1993). As amostras SNA-169 e SNA-175 caíram no campo dos depósitos de margens ativas enquanto que a amostra SNA-172 E caiu no campo de crosta superior.

As razões isotópicas de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e os dados de  $\epsilon_{\text{Nd}}$  também podem destacar a correlação com o ambiente tectônico durante a deposição. A figura 28 ilustra os campos de ambientes tectônicos nos quais essas relações isotópicas se encontram (McLennan *et al.* 1990).

A amostra do Xisto Santo Antônio (SNA-201), cujo protólito sedimentar possui assinatura juvenil neoproterozóica e resulta de rápida deposição com intemperismo físico dominante, encontra-se próxima ao campo do manto superior. Essas relações isotópicas para as amostras da *Nappe* Liberdade indicam uma maior influência de crosta continental. No entanto, todas apresentam características de margem ativa.



**Figura 28.** Diagrama  $\epsilon_{\text{Nd}}$  versus  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  das amostras da *Nappe* Liberdade e Andrelândia ilustrando o comportamento de cada em relação aos ambientes tectônicos. Baseado em McLennan *et al.* 1990.

#### 4.5 Geocronologia

O estudo de proveniência realizado neste trabalho visa correlacionar a idade de formação dos cristais de zircão encontrados nas rochas metassedimentares da região de estudo com uma ou mais prováveis fontes dos sedimentos, não sendo aplicado desta forma, a rochas semelhantes de outras localidades.

Todos os cristais de zircão utilizados neste estudo foram descritos quanto à localização do *spot* do *laser*, formato do grão e estrutura interna de zoneamento, cuja



descrição pode ser consultada no Anexo 3. A distinção entre núcleos herdados, bordas e meios de grão é imprescindível para o estudo da proveniência sedimentar, pois diferencia um cristal de zircão herdado pela fonte de um grão realmente gerado na fonte. Com o auxílio das razões Th/U é possível traçar uma relação entre cristais metamórficos e ígneos, o que distingue bordas metamórficas sobrecrecidas de bordas de crescimento natural do grão. Esta diferenciação se dá nos intervalos entre 0,01-0,06 para grãos metamórficos e acima de 0,06 para cristais ígneos (Rubatto, 2002).

Para a obtenção e discussão de dados mais exatos todas as análises utilizadas resultaram em uma concordância de  $100 \pm 10\%$ , nenhum dado de núcleo herdado foi plotado nos histogramas, apenas nos diagramas concórdia nos quais eles foram destacados dos demais, e as razões isotópicas utilizadas variam de acordo com a idade. Para idades menores que 1300 Ma, a razão utilizada foi a  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  enquanto que para idades maiores ou iguais a 1300 Ma, a razão foi  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . O motivo seria a maior perda de  $^{238}\text{U}$  em idades mais antigas.

As idades foram tratadas não apenas em histogramas, que exibem visualmente a densidade dos resultados, mas também em diagramas concórdia, que destacam a convergência (intersepto superior) de dados levemente discordantes (por perda de Pb), que se alinham e convergem para idades concordantes.

#### 4.5.1 *Nappe Andrelândia*

##### 4.5.1.1 Xisto Santo Antônio

O Xisto Santo Antônio é a unidade intermediária da *Nappe Andrelândia*, sobre o Xisto Rio Capivari e sob o Xisto Serra da Boa Vista. Ocorre na região de estudo como uma *klippe* sobre as unidades da *Nappe Liberdade*.

Desta amostra foram separados 96 cristais de zircão, totalizando 65 análises, sendo que 52 foram realizadas no meio do grão, nove foram feitas nas bordas e quatro foram em núcleos herdados. Os formatos dos cristais variam bastante, ocorrendo uma grande fração de grãos ovais, prismas ovóides e até fragmentos arredondados. O padrão de zoneamento interno varia bastante, ocorrendo tanto cristais com zoneamento oscilatório bem formado, zoneamento setorizado e zoneamento caótico até aqueles com praticamente uma cor interna homogênea, clara ou escura. Na figura 29 A são exemplificados algumas dessas características.

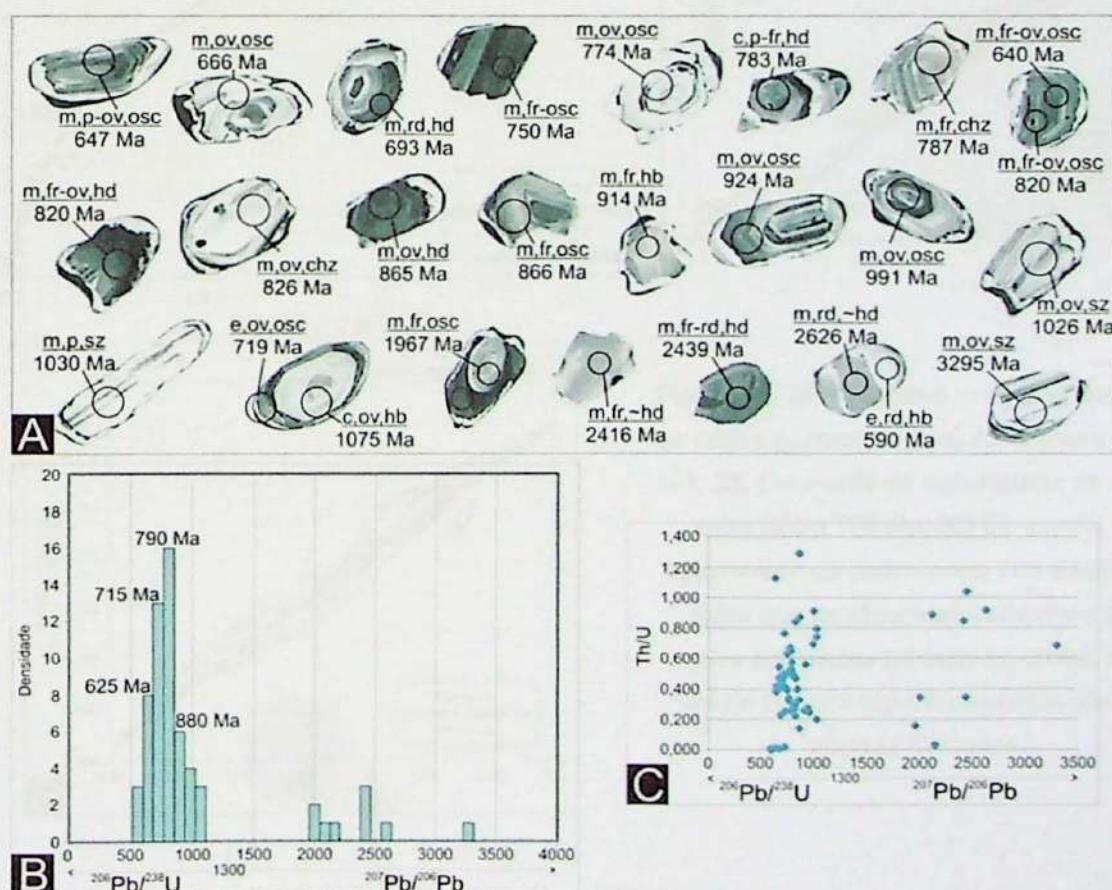
De acordo com o histograma é possível observar que há uma grande densidade de idades do Neoproterozóico ao início do Mesoproterozóico, porém ocorrem alguns cristais mais antigos (figura 29 B). Do Arqueano foram encontrados dois grãos analisados no núcleo, com idades de 2626 Ma e 3295 Ma. Já do Paleoproterozóico são sete os cristais,



uma idade é de borda e as outras seis são de núcleo. Encontram-se nos períodos Sideriano, três idades, Riacciano, três idades, e Orosiriano, uma idade, variando de 1967 Ma a 2448 Ma.

Os cristais do Mesoproterozóico convergem para idades no Esteniano, de 1025 Ma e 1030 Ma. A grande população se encontra no Neoproterozóico, sendo 50 grãos de zircão datados nesta Era, entre 587 Ma e 999 Ma, abrangendo tanto bordas quanto núcleos de cristal. No Toniano encontram-se dez análises de núcleo de grão, entre 859 Ma a 999 Ma. Um grupo de dados no intervalo de 700 Ma a 900 Ma, em diagrama concórdia, resultou em um intercepto de  $904 \pm 120$  Ma. No Criogeniano a densidade é maior, ocorrendo 35 idades entre bordas e núcleos. As idades neste período variam de 637 Ma a 841 Ma. Um grupo de análises no intervalo de 620 Ma a 700 Ma foi plotada em diagrama concórdia e resultou em um intercepto superior de  $747 \pm 350$  Ma. No Ediacarano, dos cinco cristais datados, apenas um é de núcleo, os outros quatro são bordas. Neste caso todos os cinco apresentam razão Th/U menor que 0,06 o que indica crescimento metamórfico.

Nesta amostra foram analisados apenas três núcleos herdados, dois são do Esteniano (1075 Ma e 1113 Ma), e outro do Criogeniano, com 783 Ma. É provável que tenham sido incorporados na área-fonte neoproterozóica.



**Figura 29. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-201 com a posição de cada spot ( $D_{spot}=29\mu m$ ), **LEGENDA:** m=middle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz=sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark,



chz=chaotic zoning; (B) Histograma das idades  $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{Pb}$  ( $< 1300$  Ma) e  $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  ( $\geq 1300$  Ma) obtidas por LA-ICP-MS; (C) Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

A razão Th/U (figura 29 C) mostrou que sete análises foram feitas em cristais/porções metamórficas, quatro delas são mais antigas que o metamorfismo do sistema de *nappes* admitido por Campos Neto *et al.* 2011. Encontram-se há 637 Ma, 676 Ma, 719 Ma e até 2151 Ma. O zircão que apresenta característica ígnea mais jovem tem idade do início do Ediacarano, com 633 Ma, igualmente a ele ocorre um grupo de jovens cristais com idades que variam de 640 Ma a 697 Ma, indicando que possivelmente, ainda no início do Ediacarano a bacia de sedimentação estava ativa e, portanto, anterior ao sistema colisional de *nappes*. O cristal metamórfico mais jovem (637 Ma) pode representar a exumação e erosão de rochas do prisma acrecionário subductado, ainda durante o processo de subducção.

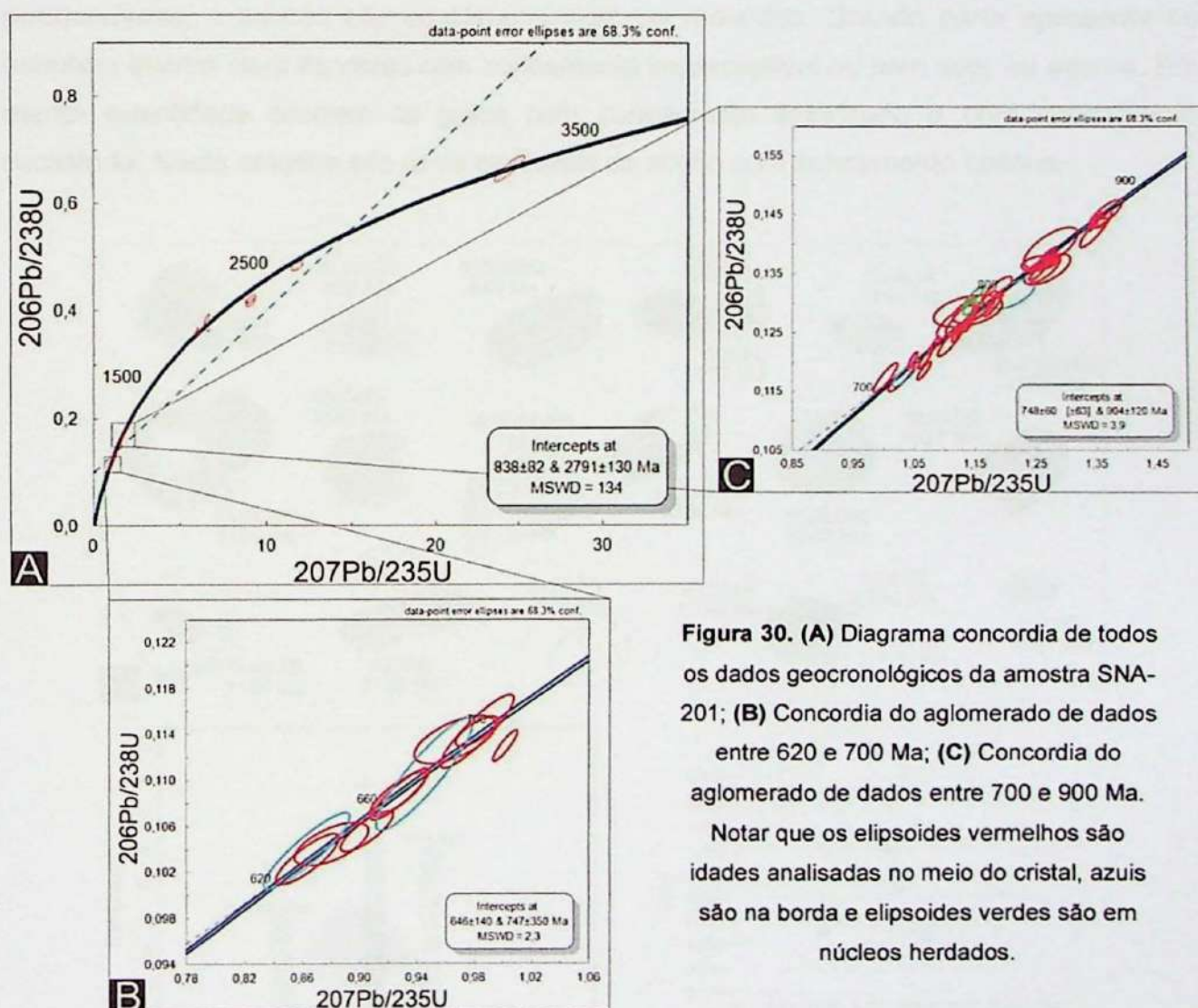


Figura 30. (A) Diagrama concordia de todos os dados geocronológicos da amostra SNA-201; (B) Concordia do aglomerado de dados entre 620 e 700 Ma; (C) Concordia do aglomerado de dados entre 700 e 900 Ma. Notar que os elipsoides vermelhos são idades analisadas no meio do cristal, azuis são na borda e elipsoides verdes são em núcleos herdados.

#### 4.5.1.2 Xisto Serra da Boa Vista

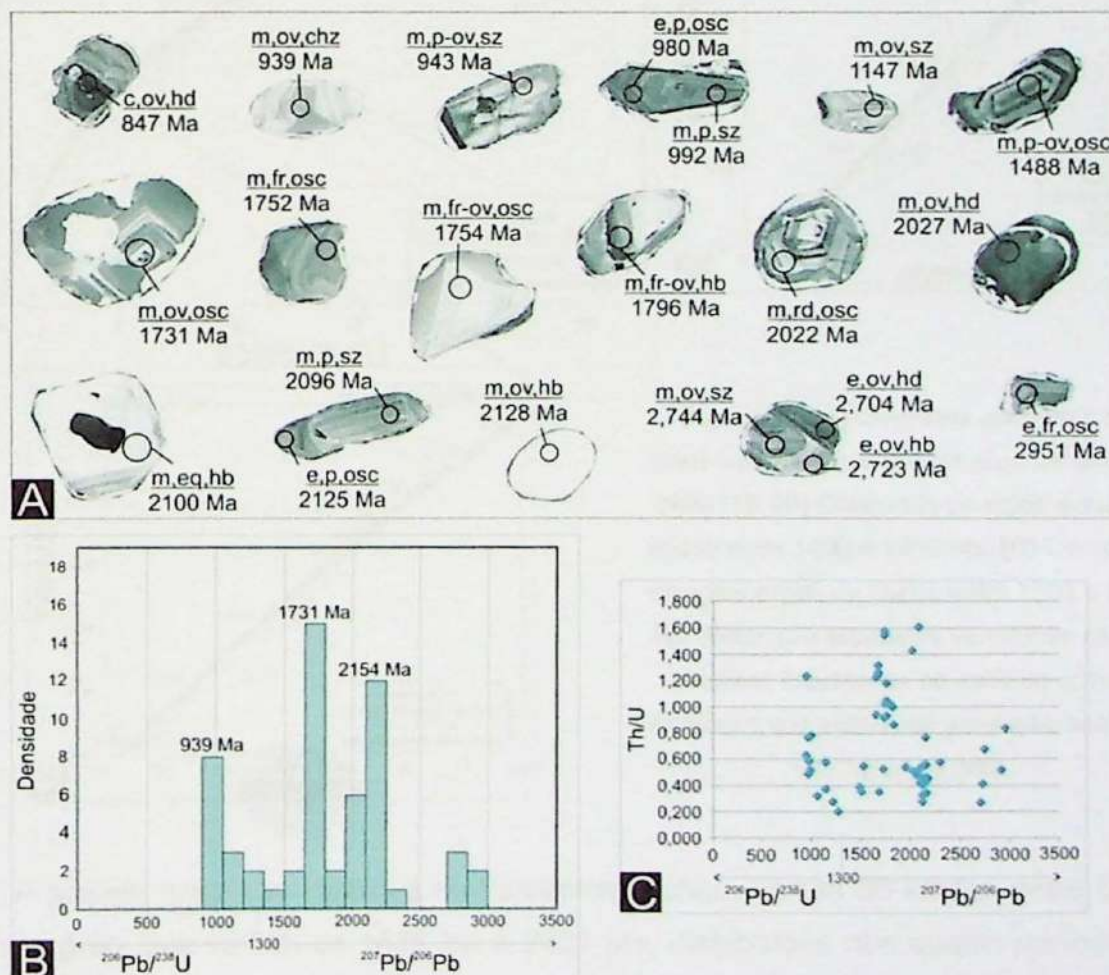
##### Quartzito micáceo



A amostra SNA-116 refere-se a um quartzito da formação de topo da *Nappe* Andrelândia, caracterizada por uma intercalação entre quartzitos, muscovita quartzitos, muscovita-quartzo xistos e (estaurolita)-granada-muscovita-plagioclásio-quartzo xistos (SNA-125).

Foram separados apenas 50 cristais de zircão desta amostra, o que reflete a dificuldade em encontrá-los. Todos eles foram analisados por LA-ICP-MS o que totalizou 58 pontos. De acordo com a localização do *spot* do *laser* foram feitas 45 análises de *middle* (meio), 12 de *edge* (borda) e apenas uma foi de *core* (núcleo herdado). As mais diversas estruturas internas e formas de grão foram encontradas e algumas estão exemplificadas na figura 31 A, na qual consta além da descrição do local do *spot*, formato do grão, estrutura interna, a idade resultante da análise.

A maior parte dos cristais apresentam formatos ovais ou prismáticos com as bordas arredondadas, e poucos são equidimensionais ou redondos. Grande parte apresenta ou estrutura interna clara às vezes com zoneamento imperceptível ou bem sutil, ou escura. Em menor quantidade ocorrem os grãos com zoneamento setorizado e com zoneamento oscilatório. Nesta amostra são raros os cristais de zircão com zoneamento caótico.



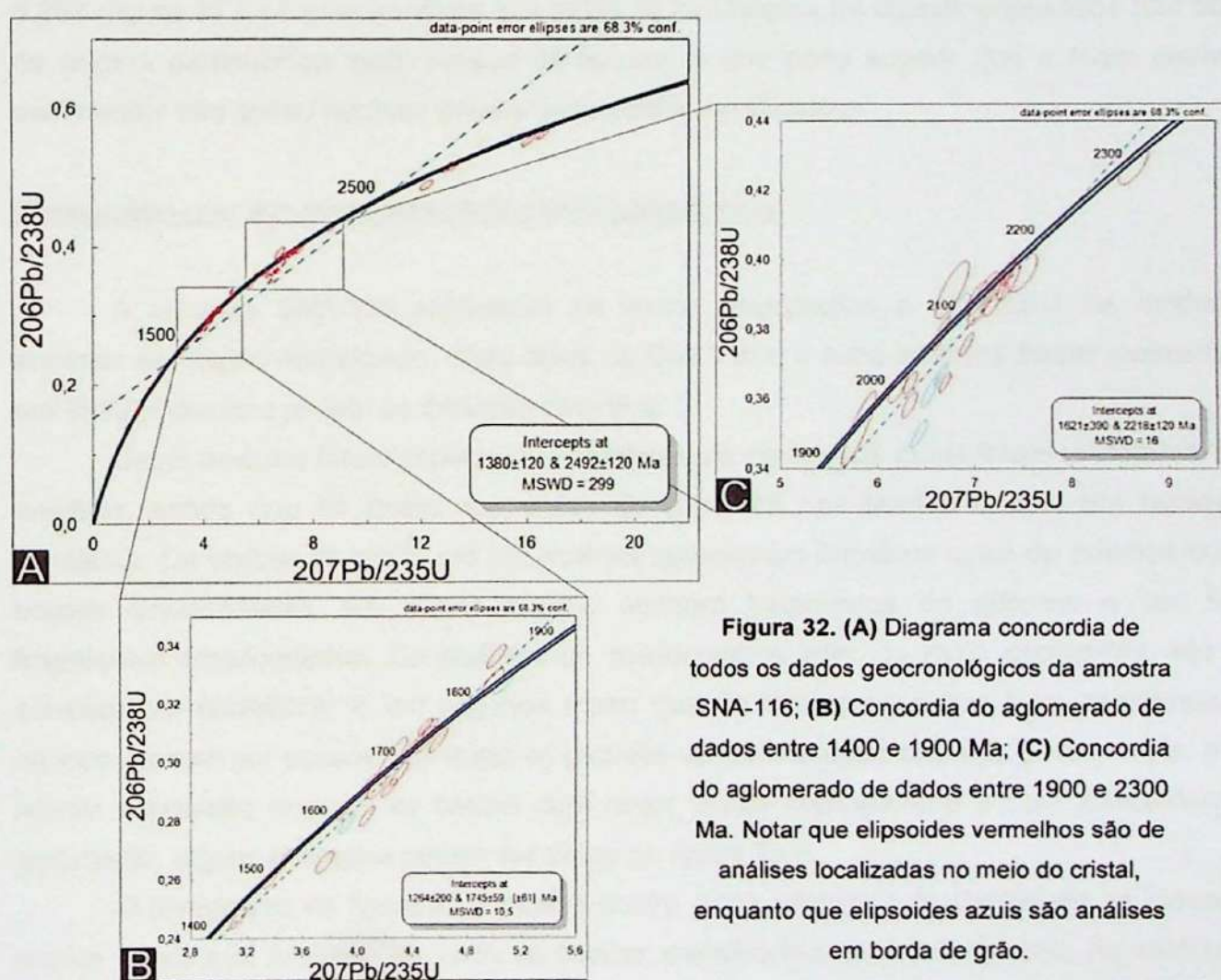
**Figura 31. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-116 com a posição de cada *spot* ( $D_{\text{spot}}=29\mu\text{m}$ ), **LEGENDA:** m=middle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz=sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark,



chz=chaotic zoning; **(B)** Histograma das idades  $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{Pb}$  ( $< 1300$  Ma) e  $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  ( $\geq 1300$  Ma) obtidas por LA-ICP-MS; **(C)** Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

O histograma (figura 31 B) salienta três altas densidades de idades em torno de 939 Ma, 1731 Ma e 2154 Ma, porém não considera as perdas de Pb, que podem resultar em uma falsa densidade de dados. Para tanto, os dados foram também plotados em diagramas concórdia que minimiza os erros obtidos pelas análises (figura 32).

Das idades mais antigas, cinco resultados são do Arqueano, obtidas por *spots* localizados tanto no meio quanto na borda do grão, e resultaram em idades que variam de 2704 a 2951 Ma. O intercepto superior da concórdia para este grupo de idade é em  $3061 \pm 480$  Ma, o que não é confiável, visto seu erro.



**Figura 32.** (A) Diagrama concordia de todos os dados geocronológicos da amostra SNA-116; (B) Concordia do aglomerado de dados entre 1400 e 1900 Ma; (C) Concordia do aglomerado de dados entre 1900 e 2300 Ma. Notar que elipsóides vermelhos são de análises localizadas no meio do cristal, enquanto que elipsóides azuis são análises em borda de grão.

A grande parte das idades é do Paleoproterozóico. Foram 36 idades entre bordas e meios de grão, que variam de 1656 Ma a 2301 Ma, distribuídas nos quatro períodos: uma idade do Sideriano, 17 do Riáciano, três do Orosiriano e 15 do Estateriano. Dois grupos de idades do Estateriano tratadas em diagrama concordia resultaram em um intercepto superior



de  $1659 \pm 39/-11$  Ma e de  $1727 \pm 16$  Ma, e três grupos do Riáciano, resultaram em interceptos de  $2086 \pm 120/-36$  Ma,  $2134 \pm 32$  Ma e de  $2163 \pm 10$  Ma.

Do Mesoproterozóico foram determinadas nove idades, que variam de 1010 a 1528 Ma, três do Calimiano, duas do Ectasiano e quatro do Esteniano. Um grupo do Calimiano foi plotado em diagrama concórdia e o intercepto superior resultou em  $1519 \pm 87/-29$  Ma.

As sete idades encontradas que datam do Neoproterozóico estão todas inseridas no período Toniano, e variam de 939 a 992 Ma, são tanto análises feitas nas bordas dos grãos quanto em seus meios. O único núcleo herdado datado resultou em 847 Ma, do final do Criogeniano, e indica uma rápida reciclagem deste grão, já que foi incorporado pela área-fonte antes de chegar à bacia de sedimentação dos sedimentos em questão.

A partir da razão Th/U, na qual nenhum dado obteve um resultado menor do que 0,207 (figura 31 C) é possível dizer que todas as localidades de cristais analisados não são de origem metamórfica, nem mesmo as bordas, o que pode sugerir que a fonte destes sedimentos não sofreu nenhum evento metamórfico significativo.

#### (Estauroлита)-granada-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto

A amostra SNA-125 representa os xistos intercalados a quartzitos da unidade superior da *Nappe* Andrelândia, Xisto Serra da Boa Vista, e suas análises foram realizadas em 2012, durante o projeto de iniciação científica.

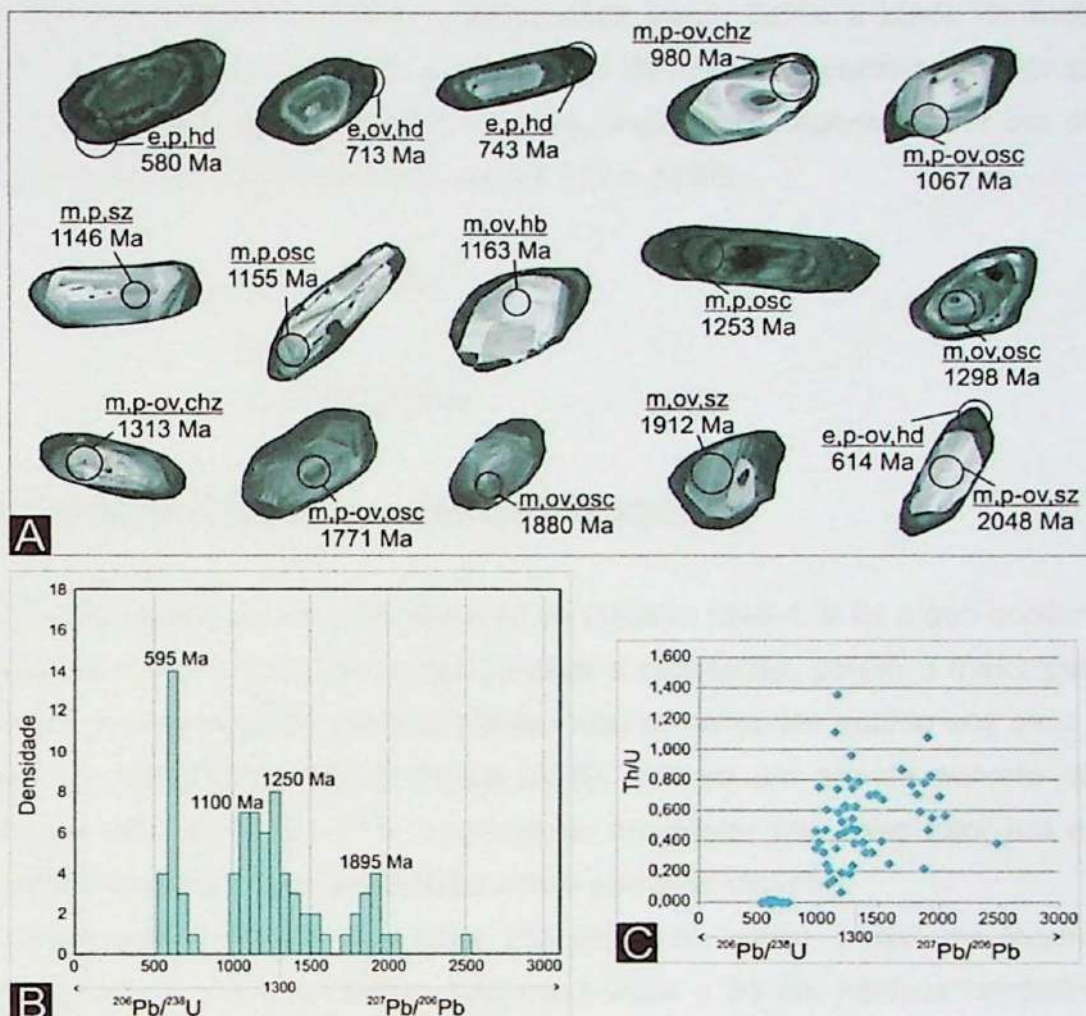
Desta amostra foram separados 169 cristais de zircão dos quais foram realizadas 85 análises, sendo que 51 foram nos meios de grão, 28 nas bordas e seis em núcleos herdados. Os cristais de zircão em sua maioria apresentam formatos ovais ou prismas com bordas arredondadas, em menor quantia ocorrem fragmentos de prismas e por fim fragmentos arredondados. Os padrões de zoneamentos internos mais ocorrentes são o zoneamento oscilatório, e em segunda maior quantia ocorre os grãos com zoneamento caótico ou com cor escura, nos quais os padrões de zoneamento não são perceptíveis, em menor expressão ocorrem os cristais com cores claras homogêneas e com zoneamento setorizado, alguns exemplos podem ser vistos na figura 33 A.

O histograma da figura 33 B mostra quatro picos principais de densidade de idades, porém o primeiro ilustra o conjunto de bordas metamorfisadas no brasileiro. As maiores densidades de idades encontram-se no Mesoproterozóico e em menor expressão, no Paleoproterozóico, não ocorrendo cristais mais velhos do que do final do Sideriano. Nos diagramas concórdia tais adensamentos de dados são encontrados com idades concordantes.

Com os dados plotados nos diagramas, um grupo de idades mais antigas, de meados do Calimiano ao fim do Orosiriano indicou um intercepto inferior de  $1398 \pm 270$  Ma e superior de  $1929 \pm 150$  Ma. Um conjunto de cristais concordantes e sub-concordantes no



Mesoproterozóico possui intercepto superior a  $1286 \pm 28$  Ma, ilustrado no histograma, e inferior de  $890 \pm 63$  Ma. As idades com média no pico de 1100 Ma exibido pelo histograma, apresenta intercepto superior de  $1012 \pm 75$  Ma.



**Figura 33. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-125 com a posição de cada *spot* ( $D_{\text{spot}}=29\mu\text{m}$ ), **LEGENDA:** m=middle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz=sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark, chz=chaotic zoning; **(B)** Histograma das idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ( $< 1300$  Ma) e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ( $\geq 1300$  Ma) obtidas por LA-ICP-MS; **(C)** Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

Um conjunto de dados do final do Ediacarano e do início do Criogeniano possui intercepto superior de  $623 \pm 9,2$  Ma, no qual as análises foram feitas nas bordas de cristais prisma-ovóides escuros e homogêneos com razões Th/U menores que 0,02, com grande densidade entre os valores 0,003 e 0,009, indicando gênese metamórfica, pelo menos para essa porção dos grãos. Outro grupo de cristais metamórficos apresentou *concordia age* de  $603 \pm 18$  Ma. Pela proximidade dos dados, e pelo fato de não haver lacunas de idades no Ediacarano, é possível que o metamorfismo relacionado ao sistema colisional de *nappes* tenha se iniciado próximo à 620 Ma, em consonância com os dados obtidos por Campos Neto *et al.* 2010 e 2011.



A partir das razões Th/U (figura 33 C) foi observado uma grande quantidade de cristais de origem metamórfica, com idades que variam do Ediacarano (527 Ma a 619 Ma) a meados do Criogeniano (655 Ma a 743 Ma). Todas essas análises foram realizadas nas bordas dos grãos, porém somente o grupo mais jovem ilustra a idade do metamorfismo brasileiro, indicando que as idades acima de 655 Ma com esse caráter genético possam ser provenientes de uma fonte metamórfica jovem, assim como apontado por um conjunto de idades do Criogeniano com *concordia age* de  $710 \pm 23$  Ma.

#### 4.5.2 Nappe Liberdade

##### 4.5.2.1 Micaxistos

##### Granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto

O concentrado de minerais pesados da amostra SNA-169 foi o que continha a maior quantidade de cristais de zircão, o que facilitou a separação, porém a maior parte desses grãos separados apresentam características muito semelhantes quanto aos seus tamanhos e padrão de zoneamento interno (figura 34 A). Houve um grande número de análises discordantes além de  $100 \pm 10\%$ , o que levou considerar que esse fator era ocasionado pelos próprios cristais, e que tem relação com a perda de chumbo.

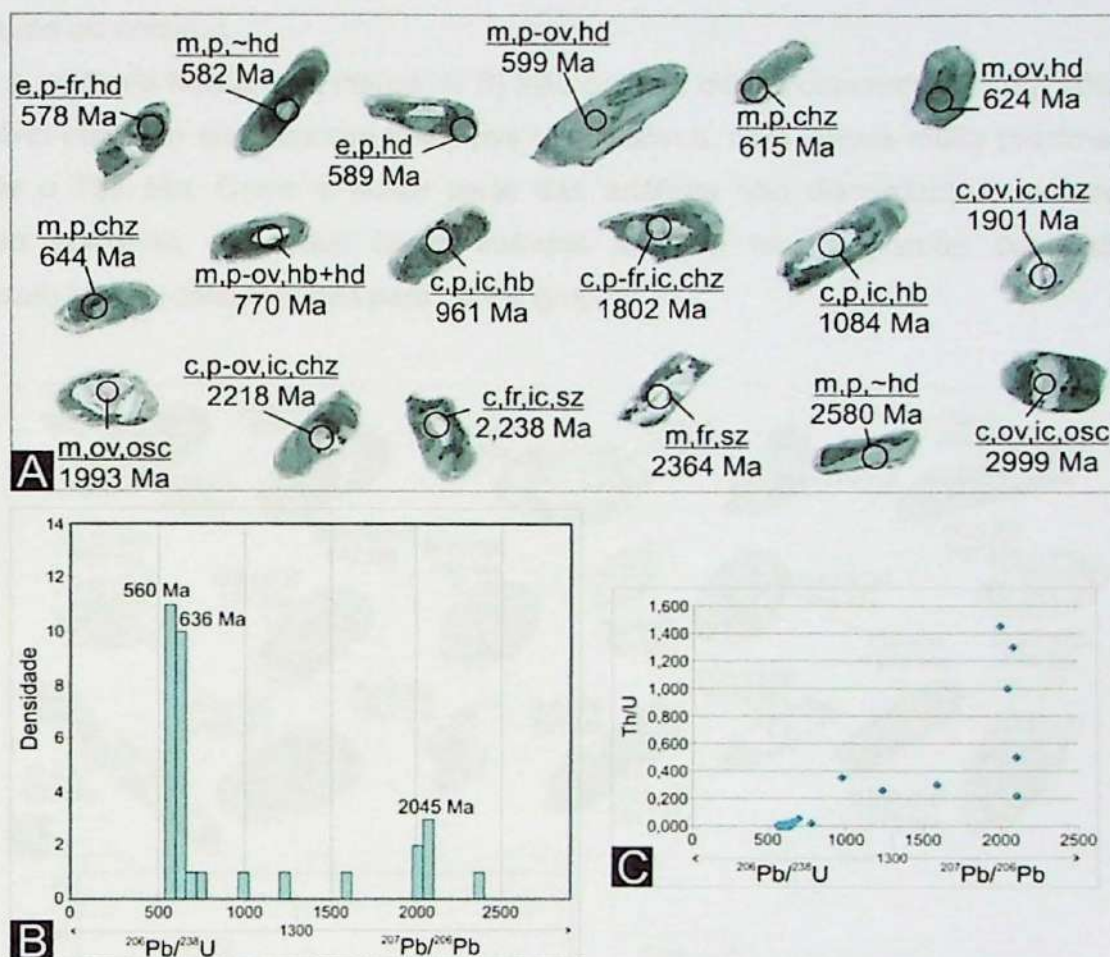
Desta amostra foram separados 254 grãos de zircão, porém só foram feitas 65 análises: 39 nos meios dos cristais, seis nas bordas e 20 em núcleos herdados. Grande parte dos grãos apresentam formatos de prismas com bordas arredondadas ou são sutilmente arredondados. O padrão de zonamento interno varia de caótico a cores homogêneas em tons claros e escuros.

Ressaltando novamente que grande parte das análises resultou em idades muito discordantes, no histograma só foram plotados os dados com concordância de  $100 \pm 10\%$ . A partir do gráfico (figura 34 B) é possível observar um grande pico de densidade entre 560 Ma e 636 Ma, porém essa primeira idade corresponde ao metamorfismo dessas rochas e, portanto não indica a idade de uma possível área-fonte. Em menor presença ocorrem cristais do Mesoproterozóico e do Paleoproterozóico. Sendo assim, essa amostra é melhor descrita conforme os resultados obtidos pelos diagramas concórdia, que traça uma relação entre as análises concordantes com as discordantes.

Os diagramas concórdia gerados para os dados desta amostra resultaram em análises não muito concordantes, porém abrangem os pequenos picos de densidade de dados exibido pelo histograma. Com um conjunto de dados do final do Orosiriano e começo do Riáciano, o intercepto inferior resultou em  $2062 \pm 47$  Ma. Idades do Mesoproterozóico indicaram idade de  $1443 \pm 300$  Ma. Enquanto que as análises resultantes do início do



Criogeniano ao final do Toniano mostraram idade de intercepto inferior de  $644 \pm 72$  Ma, e superior de  $1208 \pm 250$  Ma. Um conjunto de análises realizadas no meio de cristais com teor de Th/U condizentes com origem metamórfica, de idade entre 610 Ma e 650 Ma, resultaram em uma *concordia age* de  $623 \pm 4$  Ma, idêntica à idade do metamorfismo para a amostra SNA125 do Xisto Serra da Boa Vista, Nappe Andrelândia.



**Figura 34. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-169 com a posição de cada *spot* ( $D_{spot}=29\mu m$ ), LEGENDA: m=midle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz=sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark, chz=chaotic zoning; **(B)** Histograma das idades  $^{206}Pb / ^{238}Pb$  ( $< 1300$  Ma) e  $^{207}Pb / ^{206}Pb$  ( $\geq 1300$  Ma) obtidas por LA-ICP-MS; **(C)** Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

As razões Th/U indicam que a grande maioria destes grãos apresentam características condizentes com gênese metamórfica e, nesse caso, a maior parte das análises resultou em idades ediacaranas.

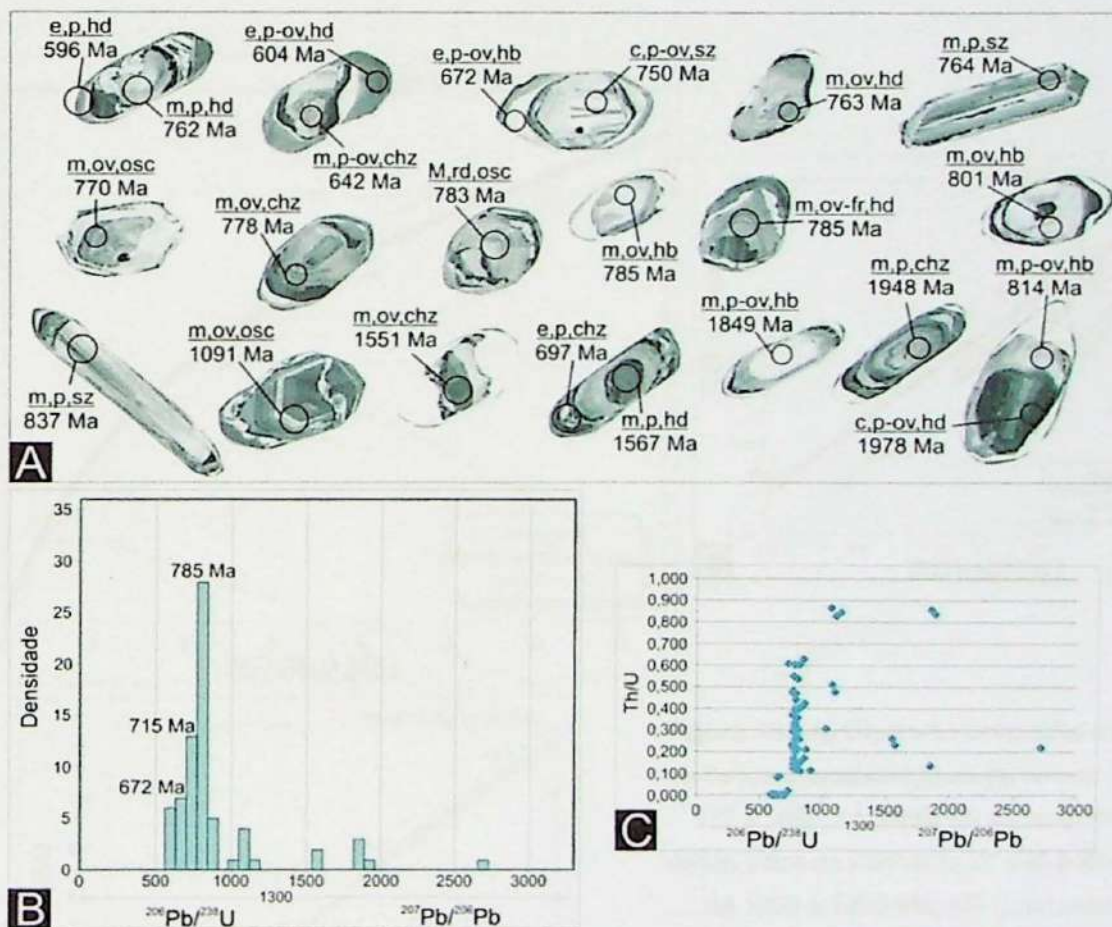
#### Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexitico

Da amostra SNA-172 E foram separados 125 cristais de zircão, mas foram analisados apenas 78 *spots*, dos quais 58 estavam localizados no meio dos grãos, 13 nas bordas e sete em núcleos herdados. A partir das imagens de catodoluminescência foi



possível descrever os cristais quanto aos seus formatos e padrões de zoneamento interno, e foi revelado que a maior parte dos grãos apresenta formatos ovais ou prismas com bordas arredondadas, e em menor quantidade, cristais prismáticos bem formados (figura 35 A). Em alguns casos é possível distinguir fragmentos de grãos pontiagudos de fragmentos arredondados. Os padrões de zoneamento interno são bastante variados, desde zoneamentos oscilatórios e setorizados até caóticos, ou mesmo com cores homogêneas em tons claros ou escuros.

A partir do histograma (figura 35 B) feito com as idades concordantes em  $100 \pm 10\%$ , é possível observar que ocorrem três picos significativos, com idades muito próximas, entre 672 Ma e 785 Ma. Como a maior parte das análises são discordantes, mesmo neste intervalo aceitável, os dados foram tratados também em diagramas concórdia, que apontaram idades concordantes para certos grupos.



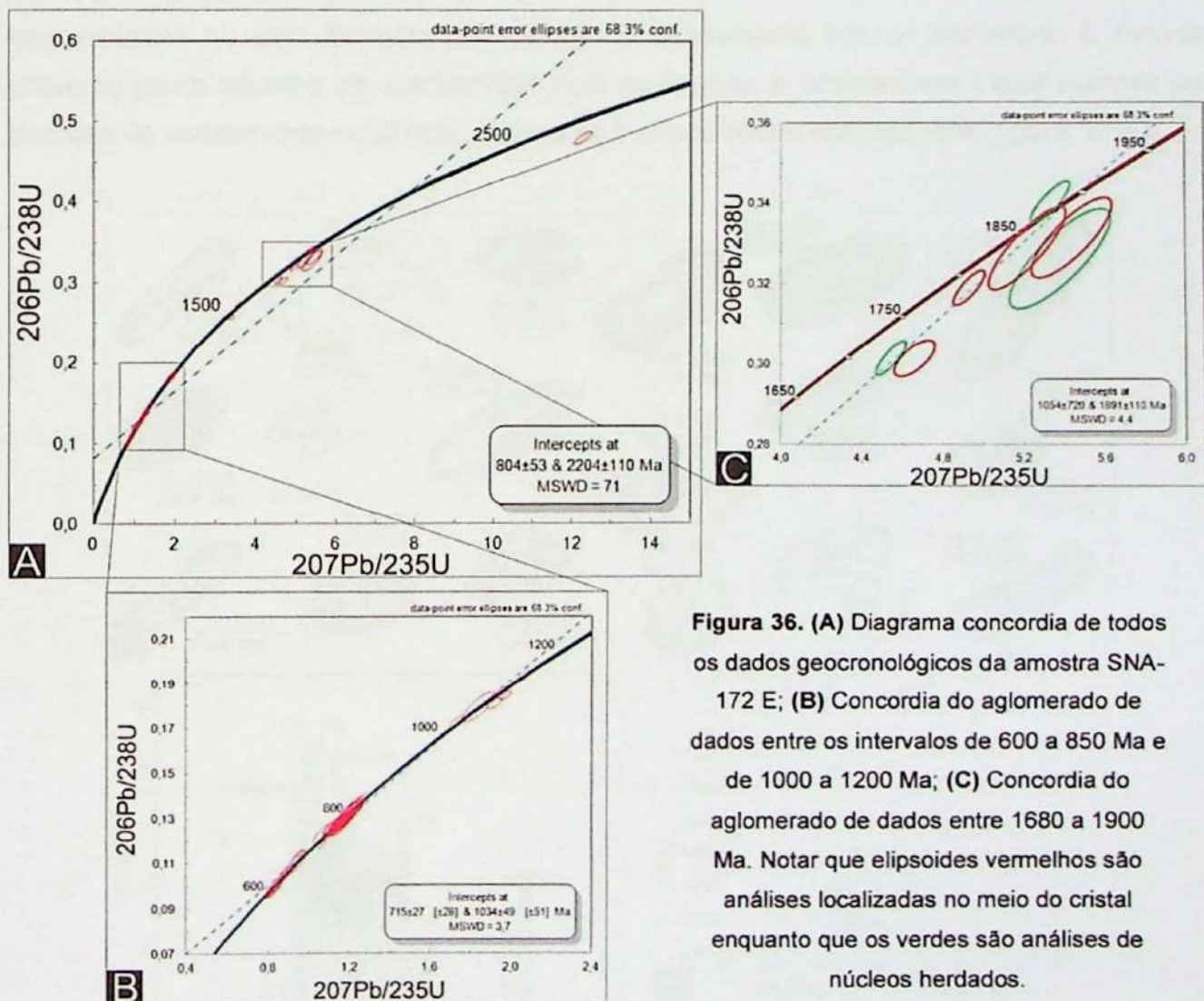
**Figura 35. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-172 E com a posição de cada *spot* ( $D_{\text{spot}}=29\mu\text{m}$ ), **LEGENDA:** m=middle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz=sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark, chz=chaotic zoning; **(B)** Histograma das idades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  (< 1300 Ma) e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (≥ 1300 Ma) obtidas por LA-ICP-MS; **(C)** Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

As idades mais antigas encontradas foram: meio de um grão que resultou do Arqueano, e sete do Paleoproterozóico com idades muito próximas que variam de 1796 Ma



a 1978 Ma, desses resultados, três das idades resultaram em análises feitas em núcleos herdados e retrabalhados pela área-fonte dos sedimentos. Do Mesoproterozóico foram oito os resultados, com idades que variam do Esteniano, 1025 Ma, ao Calimiano, 1551 Ma.

A maior parte das análises, 62 idades, é do Neoproterozóico e foram realizadas tanto em bordas quanto no meio dos cristais. Dessa alta densidade de dados encontram-se mais dois núcleos herdados analisados, com 750 Ma e 768 Ma, indicando que esses grãos sofreram uma rápida exposição e foram incorporados pela área-fonte em um curto espaço de tempo. Do Toniano foram três resultados que variam de 851 Ma a 904 Ma analisados nas porções internas dos grãos. Do Criogeniano foram 51 idades que variam de 635 Ma a 849 Ma para análises realizadas tanto nos meios quanto nas bordas dos cristais. Foram seis as idades que resultaram do Ediacarano, sendo que cinco são de borda e apenas uma feita no meio do grão. Essas seis idades variam de 592 Ma a 617 Ma e condizem com a idade de metamorfismo.



**Figura 36. (A)** Diagrama concordia de todos os dados geocronológicos da amostra SNA-172 E; **(B)** Concordia do aglomerado de dados entre os intervalos de 600 a 850 Ma e de 1000 a 1200 Ma; **(C)** Concordia do aglomerado de dados entre 1680 a 1900 Ma. Notar que elipsoides vermelhos são análises localizadas no meio do cristal enquanto que os verdes são análises de núcleos herdados.

No diagrama concordia, um grupo de idades discordantes dentro do intervalo de 760 Ma a 840 Ma foi plotado e indicaram idades concordantes em  $798 \pm 20/-11$  Ma. Para as

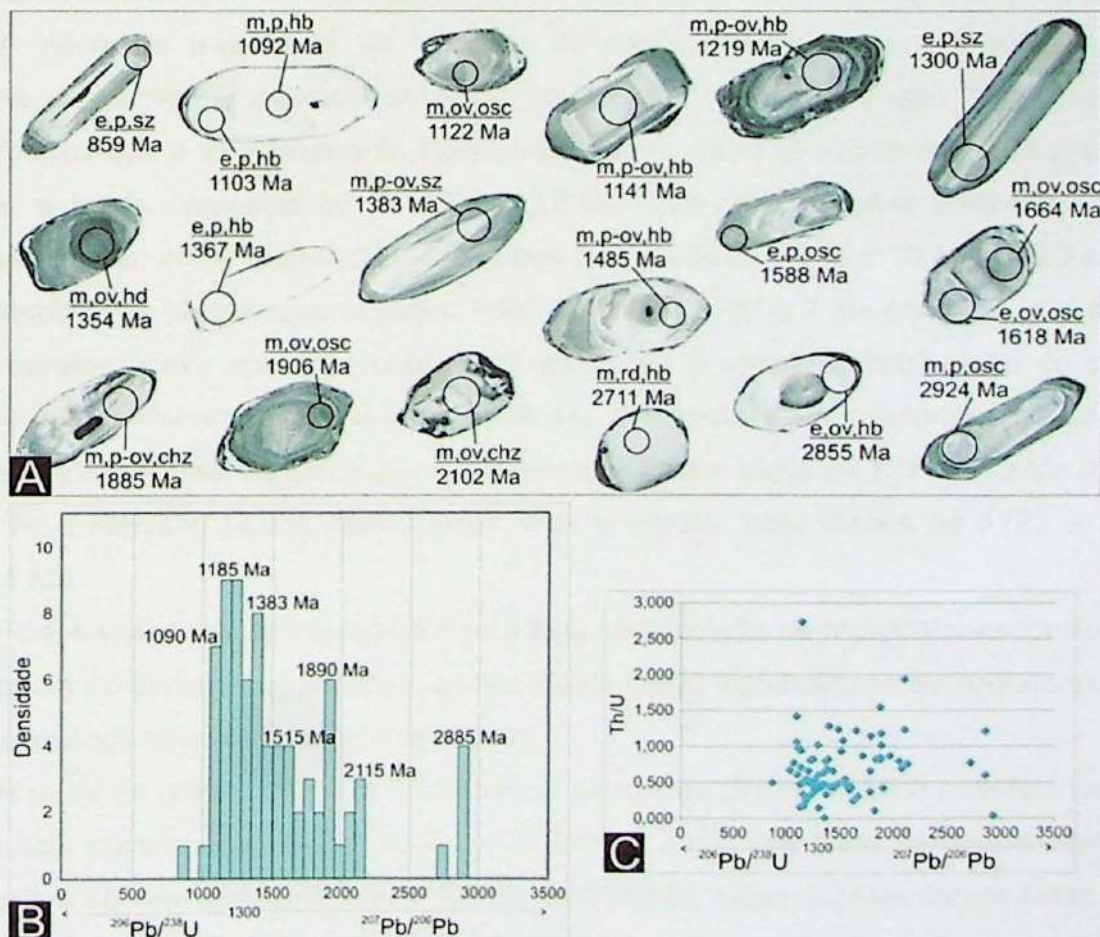


idades mais antigas, e no intervalo de 1700 Ma e 1900 Ma, a idade concordante foi de  $1891 \pm 110$  Ma (figura 36 C).

A partir das razões Th/U (figura 35 C) foi observado que a maioria dos cristais de zircão de origem metamórfica resultou em idades condizentes com o metamorfismo do sistema de *nappes* (entre 592 Ma e 617 Ma). Dois grãos metamórficos (segundo suas razões Th/U) possuem idades mais antigas, há 635 Ma e 646 Ma, ambas analisadas nas bordas e, como observado anteriormente (amostra SNA-201) deve representar a exumação e erosão de rochas do prisma acrescionário subductado.

### Muscovita quartzito

Da amostra SNA-180 A foram separados 76 cristais de zircão e foram realizadas 78 análises: 58 localizadas no interior dos grãos, 19 nas bordas e apenas uma em núcleo herdado. A maior parte dos cristais é oval ou arredondada, mas ocorrem também aqueles fragmentados ou com formatos prismáticos. O zoneamento interno oscilatório é menos presente nesta amostra em comparação com as demais, e ocorrem em maior número os padrões de zoneamento setorizado, caótico ou em tons claros homogêneos (figura 37 A).



**Figura 37. (A)** Exemplo de cristais de zircão datados da amostra SNA-180 A com a posição de cada *spot* ( $D_{\text{spot}}=29\mu\text{m}$ ), LEGENDA: m=middle, e=edge, c=core, p=prim, rd=round, ov=ovoid, eq=equant, fr=fragment, osc=oscillatory zoning, sz-sector zoning, ic=inherited core, hb=homogenous bright, hd=homogeneous dark,



chz=chaotic zoning; (B) Histograma das idades  $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{Pb}$  (< 1300 Ma) e  $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  (≥ 1300 Ma) obtidas por LA-ICP-MS; (C) Gráfico da razão Th/U pela idade U/Pb.

As idades mais antigas, quatro análises do Arqueano, resultaram entre 2711 Ma e 2924 Ma. Do Paleoproterozóico a densidade de resultados aumenta para 23 análises, distribuídas nos períodos: quatro do Riaciano entre 2078 Ma e 2125 Ma, dez do Orosiriano com idades entre 1819 Ma e 2049 Ma sendo que uma das amostras foi realizada na borda do grão, e por fim nove resultados do Estateriano que variam de 1608 Ma a 1786 Ma, realizadas algumas nos interiores dos cristais, e algumas nas bordas. Deste último período se encontra o único núcleo herdado da amostra, com 1756 Ma.

Foram 49 as análises que resultaram em idades do Mesoproterozóico: dez do período Calimiano com idades que variam de 1413 Ma a 1588 Ma, 22 do Ectasiano com variação entre 1206 Ma e 1399 Ma, e então 17 do Esteniano com idades entre 1024 Ma e 1199 Ma. Apenas uma análise resultou em idade do Neoproterozóico, do período Toniano, com 859 Ma e que foi realizada na borda do cristal.

O histograma destaca sete maiores concentrações de idades próximas aos picos de: 1090 Ma, 1185 Ma, 1383 Ma, 1515 Ma, 1890 Ma, 2115 Ma e 2885 Ma (figura 37 B). Tais picos fazem uma síntese entre os períodos com maior densidade de idades encontradas.

A partir do tratamento de conjunto de dados concordantes e discordantes em diagrama concordia foi possível observar resultados de *concordia age* distribuídos pelo Paleoproterozóico e principalmente Mesoproterozóico, como já indicava o histograma. No Riaciano a idade concordia foi de  $2069 \pm 10$  Ma para uma possível área-fonte. Para o Orosiriano foi tido como idades mais presentes de área-fonte:  $1868 \pm 10$  Ma,  $1923 \pm 34$  Ma. No Estateriano as idades apresentaram  $1660 \pm 20$  Ma e  $1767 \pm 7$  Ma como as principais. Já no Mesoproterozóico, onde a concentração de dados é maior, a distribuição se deu nos períodos: no Calimiano as idades mais presentes apontaram para *concordia age* de  $1453 \pm 22$  Ma e  $1522 \pm 46$  Ma, no Ectasiano as idades ficaram em torno de  $1214 \pm 10$  Ma e  $1274 \pm 14$  Ma. No Esteniano os resultados estão mais próximos, com idades de  $1123 \pm 7$  Ma e  $1157 \pm 4$  Ma.

Todos esses resultados indicam uma forte contribuição de material mesoproterozóico para a bacia de sedimentação, não havendo dados muito significativos do Arqueano, e nem sequer presença de material neoproterozóico.

A partir do gráfico de razão Th/U *versus* as idades (figura 37 C) é possível notar que apenas dois cristais apresentam razão entre 0,01 e 0,06, indicando gênese metamórfica. Esses grãos apresentam idades de 1354 Ma e 2924 Ma, cujas análises foram feitas ambas no meio do cristal. Todo o restante da amostra apresenta característica ígnea.



## 5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O estudo da proveniência de metassedimentos das *Nappes* Liberdade e Andrelândia, comparados entre si e relacionados aos diversos possíveis ambientes tectônicos, nos quais estas rochas possam ter sido formadas, indica uma distinção entre as rochas metapelíticas (Liberdade) e os metawackes (Xisto Santo Antônio - Andrelândia). A partir das assinaturas geoquímicas e isotópicas de Sm-Nd e Rb-Sr, os metapelitos indicam uma contribuição crustal para seus sedimentos, com influência juvenil restrita ao Orosiriano. Os metawackes admitem uma área-fonte juvenil no Criogeniano. A relação  $\epsilon Nd_t$  versus  $^{87}Sr/^{86}Sr_t$ , apesar das distintas assinaturas químicas e isotópicas destas unidades, sugere que todas encontravam-se em um ambiente tectônico de margem ativa.

As assinaturas geoquímicas de alteração (CIA) comparadas com a razão de Th/Sc apontam para a prevalência de intemperismo físico na área-fonte ou na bacia de sedimentação do Xisto Santo Antônio, com características de ambiente correlacionável a uma região orogênica, enquanto que o protólito sedimentar das rochas da *Nappe* Liberdade sofreram intemperismo químico relativamente mais significativo, atribuído a uma maior reciclagem de sedimentos pelíticos.

As idades dos cristais detríticos de zircão presentes na amostra do Xisto Santo Antônio, *Nappe* Andrelândia, indicam uma área-fonte neoproterozóica, com predominância de idades entre 635 Ma e 840 Ma. Cristais do Toniano (900 Ma) também estão presentes. As características químicas e isotópicas desta rocha sugerem a intensa atividade de um vulcanismo cálcio-alcálico, juvenil e proximal (Campos Neto *et al.* 2007; 2011) criogeniano, de provável ambiente de arco insular e/ou borda adelgada de margem ativa. Uma contribuição a partir de domínios ígneos estenianos (idades Grenville e/ou Sunsás) soerguidos próximos à bacia, também está presente. Grãos de zircão do Riaciano, Neoarqueano e Mesoarqueano são negligenciáveis. Cristais metamórficos (razão Th/U < 0,1) coexistem com cristais detríticos ígneos a partir de ca. 635 Ma, o que sugere a exumação de rochas da zona de subducção que são incorporadas na bacia de sedimentação. Também indicam atividade vulcânica, metamorfismo e deformação associado com a subducção (ambiente de prisma acrescionário) e sedimentação (bacia de ante-arco) até o limite Criogeniano-Ediacarano.

Para a unidade superior da *Nappe* Andrelândia, Xisto Serra da Boa Vista, o padrão dos cristais detríticos de zircão são distintos na rocha de origem pelítica e naquela de origem psamítica. A rocha quartzítica, basal desta unidade, resulta da erosão de rochas ígneas estaterianas (1,7 Ga) e subordinadamente riacianas (2,15 Ga) e tonianas (0,9 Ga). A rocha metapelítica, superior da unidade, possui uma fonte ígnea de idades Grenville e/ou Sunsás (1,1 - 1,25 Ga) e no Orosiriano (1,85 Ga). É provável que a atividade vulcânica tenha atenuado (flutuação positiva da litosfera em subducção?) e dado lugar a uma



tectônica de blocos soerguendo unidades do embasamento do arco vulcânico criogeniano. Uma fonte metamórfica jovem para cristais detríticos ocorre no Criogeniano, entre 655 e 740 Ma, sugerindo uma longa vida para a atividade tectônica no domínio do prisma acrescionário.

As rochas metapelíticas da *Nappe* Liberdade possuem, predominantemente, uma população quase exclusiva de cristais detríticos de zircão neoproterozóicos. Grãos detríticos com assinatura Th/U metamórfica são encontrados no limite Ediacarano-Criogeniano, até 645 Ma. Grãos detríticos de origem ígnea encontram-se entre 635 e 800 Ma. Idades Sunsás/Grenville e do limite Orosiriano-Riaciano subordinam-se. Os sedimentos pelíticos demonstram uma intensa afinidade com o arco vulcânico e a reciclagem de cristais metamórficos é compatível com ambiente tectonicamente ativo em zona de subducção. A rocha metapsamítica analisada destaca intensa erosão de unidades mesoproterozóicas com idades Sunsás/Grenville (1,1-1,15 Ga e 1,2-1,3 Ga) e Rondoniano/San Ignácio (1,45 - 1,5 Ga) e inexpressiva contribuição do arco vulcânico do Criogeniano. Os grãos detríticos de zircão também indicam a contribuição magmática do Orosiriano, Riaciano e do limite entre o Neo e o Mesoarqueano. A erosão de faixa orogênica mesoproterozóica é atestada pela presença de cristal metamórfico de 1350 Ma (o mesmo para o início de Neoarqueano).

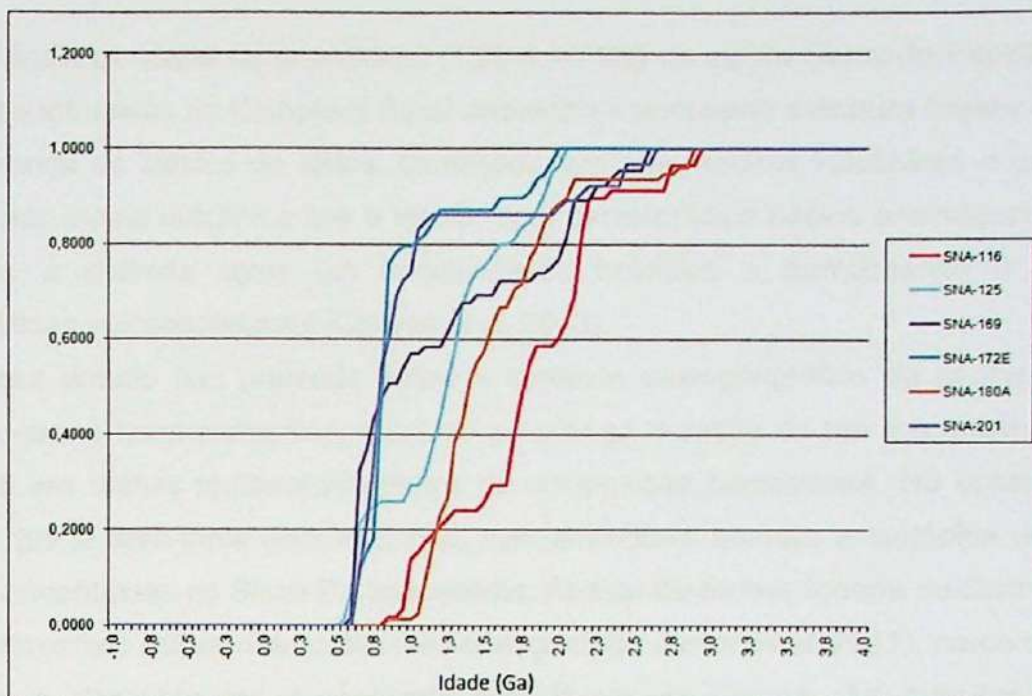
A correlação entre as diversas idades de proveniência das rochas estudadas destaca a ausência da contribuição vulcânica neoproterozóica e a presença de altos topográficos proximais de domínios Mesoproterozóicos ao Orosiriano para os depósitos psamíticos (figura 38).

As assinaturas química e isotópica dessas rochas, e as idades de suas áreas-fonte são consistentes na indicação de um ambiente tectonicamente ativo e associado a presença de um arco vulcânico, em parte juvenil, do Criogeniano. A sedimentação perdurou até 635 Ma, em todas as unidades estudadas.

O metamorfismo na foliação S2 é de fácies anfibolito superior, de alta pressão, atestadas pela paragéneses Ky-Grt-Kfs-fusão. Em todas as unidades está presente uma trajetória de descompressão a fácies anfibolito médio com St-Sill. As bordas metamórficas (Th/U<0,1) de cristais de zircão, não associadas a idades de cristais detríticos ígneos, encontram-se entre 620 Ma - 590 Ma. Indicam uma duração de cerca de 30 milhões de anos para o processo metamórfico compatível com a migração do sistema colisional das *nappes* sub-horizontais.

A idade da colisão entre a margem passiva Sanfranciscana e a margem ativa Paranapanema ocorreu entre 620 Ma (metamorfismo mais antigo do sistema de *nappes*) e 635 Ma (idade mais jovem de zircão ígneo detrítico).





**Figura 38.** Gráfico de densidade estatística das idades dos sedimentos.

No Cráton Amazônico idades de magmatismos mesoproterozóicos são encontradas na Província Rondoniana-San Ignácio (1,56 – 1,30 Ga), correspondente a um arranjo de margem passiva, arcos intra-oceânicos e continentais e que serviram como área cratônica à faixa Sunsás. Os arcos magmáticos desta província datam de 1,56-1,54 Ga (Cachoeirinha), 1,51-1,48 Ga (Rio Alegre), 1,37-1,28 Ga (Colorado/Marmoré/San Ignácio), com presença de magmatismo pós-tectônico de 1,40 Ga. Assinaturas de crosta oceânica são encontradas nos complexos Rio Alegre, Colorado e Marmoré, e rochas cálcio-alcálinas nas suítes Cachoeirinha e Santa Helena (Bettencourt *et al.* 2006; Tohver *et al.* 2006; Cordani & Teixeira, 2007). O Arco Magmático San Ignácio (1,37-1,28 Ga) corresponde a uma suíte sub-alcálica a alto-K cálcio-alcálica metaígneá volumosa (Boger *et al.* 2005; Matos *et al.* 2009). Idades grenvillianas são encontradas, no Cráton Amazônico na Província Sunsás-Aguapeí (1,20-0,95 Ga), e corresponde a um magmatismo da Faixa Nova Brasilândia (1,12-1,0 Ga), com granitos intra-placa tipo A: pegmatitos, diques máficos e sills.

As idades de meados do Orosiriano são descritas em uma *Large Igneous Province* (LIP) que cobre extensos domínios tectônicos do Cráton Amazônico. A LIP Uatumã, assim como é denominada, cobre uma área de aproximadamente 1.500.000 km<sup>2</sup> e se estende do nordeste ao sudeste do cráton. São rochas vulcânicas, piroclásticas e epiclásticas que variam de félsicas a subordinadamente intermediárias.

No Cráton São Francisco são descritos vulcanismo de rochas efusivas ácidas, relacionados a arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos do Grupo Rio dos Remédios, na base do Supergrupo Espinhaço, com idades de 1175 ± 120 Ma (riolitos) por Rb-Sr (Jardim de Sá *et al.* 1976). Porém, neste caso, estes eventos vulcânicos mesoproterozóicos são pouco expressivos. Recentemente foram descritas e analisadas rochas vulcânicas com



predominância de idade no grenvilliano (1,20-1,16 Ga) ao sul da Serra do Espinhaço. Tais rochas são intrusivas no Complexo Basal arqueano e apresenta estrutura brechoide gerada pela presença de clastos de xistos, formações ferríferas, rochas vulcânicas e granitoides, envoltos por matriz vulcânica fina a média, com característica básica e tendência alcalina. Tal rocha é definida como um traquiandesito basáltico a traquibasalto e apresenta características vulcanoclásticas (Chaves *et al.* 2013).

Esse estudo não pretende definir o contexto paleogeográfico da evolução de um extenso oceano neoproterozóico, atestado pela longa duração de um vulcanismo de arco, registrado em rochas metassedimentares de composição homogênea. No entanto é mais provável que a área-fonte destas rochas, com assinatura química e isotópica de margem ativa, se encontrasse no Bloco Paranapanema. Apesar de rochas ígneas do Calimiano e do Paleoproterozóico estarem descritas nesse bloco (Siga Junior *et al.* 2011), cerca de 70% de sua área é desconhecida e recoberta pela Bacia do Paraná. As relações indiretas, oferecidas pelas idades de proveniência, sugerem uma afinidade geológica entre o Bloco Paranapanema (assumido como área-fonte) e o Bloco Amazonas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berman, R.G. 1988. Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>. *J. Petrol.*, v. 29: 455-522.
- Boger S.D., Raetz M., Giles D., Etchart E., Fanning C.M. 2005. U-Pb age data from the Sunsas region of Eastern Bolivia, evidence for the allochthonous origin of the Paragua Block. *Precambrian Research*, 139: 121-146.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Fuck, A.F. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes, China, Beijing*, v. 22, n.03, p. 155-166.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from *nappe* system south of the São Francisco Craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 97, 3-26.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. 2000. Lower crust extrusion and terrane accretion in the neoproterozoic *nappes* of southeast Brazil. *Tectonics*, 19, 669-687.
- Campos Neto, M. C., Basei, M. A. S., Vlach, S.R.F., Caby, R., Szabo, G.A.J., & Vasconcelos, P. 2004. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses: Um esboço da Colagem Brasileira no Sul do cráton do São Francisco, SE -Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências/USP*, São Paulo, Brasil, 4, 13-40.
- Campos Neto, M.C., Janasi, V.A., Basei, M.A.S., Siga Junior, O. 2007. Sistema de *Nappes* Andrelândia, setor oriental: Litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* 37 (4-suplemento), 47-60.
- Campos Neto, M. C.; Basei, M. A. S.; Janasi, V. A.; Moraes, R. 2011. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: an Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. *Journal of South American Earth Sciences* (2011), doi:10.1016/j.jsames.2011.02.006.
- Campos Neto, M.C., Lima, R.B., Frugis, G.L., Moraes, R., Basei, M.A.S. 2012. Idade da sedimentação, proveniência e subducção-colisão na *Nappe* Andrelândia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, Santos, 2012. *Anais*, CD-ROM, PAP010971.



- Cawood, P.A. 2005. Terra Australis Orogen: Rodinia breakup and development of the Pacific and Iapetus margins of Gondwana during the Neoproterozoic and Paleozoic. *In: Earth Science Reviews*. 69, 3-4, p. 249-279.
- Chaves, M.L.S.C., Silva, M.C.R., Scholz, R., Babinski, M. 2013. Grenvillian age magmatism in the southern Espinhaço Range (Minas Gerais): evidence from U-Pb zircon ages. *Braz. Journal. Geol.*, São Paulo, 43(3): 477-486, 2013.
- Condie, K.C. (1993). Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology* 104: 1-37.
- Cordani, U.G., Neves, B.B.B., D'Agrella, M.S., R.I.F. 2003. Trindade: tearing up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of South American cratonic fragments. *Terra Nova, Oxford*, v. 15, n.5, p. 343-349.
- Cordani, U. G.; Teixeira, W. 2007. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. In: Hatcher Jr., R. D.; Carlson, M. P., McBride, J. H., Catalán, J. R. M. (Eds.). 4-D Framework of Continental Crust. 1st ed. Colorado: *The Geological Society of America*, 2007, p. 297 – 320,
- Davis, D.W., Williams, I.S., Krogh, T.E. 2003. Historical development of zircon geochronology. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*. v. 53, no. 1, p. 145-181. 2003.
- DePaolo, D.J. and Wasserburg, G.J. (1976). Inferences about magma sources and mantle structure from variations of  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . *Geophysical Research Letters* 3(5), 249-252, 1976.
- Frugis, G.L., Campos Neto, M.C. 2012. Proveniência da unidade Serra da Boa Vista do Sistema de *Nappes* Andrelândia, Orógeno Brasília Meridional. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 46, Santos, 2012. *Anais*, CD-ROM, PAP010636.
- Frugis, G.L., Campos Neto, M.C. 2012. Metamorfismo e estrutura de uma seção do Sistema de *Nappes* Andrelândia. *poster*, 20º SIICUSP, Esc. Polit. USP. 2012.
- Herron, M. M. 1988. Geochemical Classification of Terrigenous Sands and Shales from Core or Log Data. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 58, p. 820 - 829, 1988.
- Le Breton, N. & Thompson, A. B. (1988). Fluid absent (dehydration) melting of biotite in metapelites in the early stages of crustal anatexis. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 99: 226–237.
- Li, Z.X., Bogdanova, S.V., Collins, A.S., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R.E., Fitzsimons, I.C.W., Fuck, R.A., Gladkochub, D.P., Jacobs, J., Karlstrom, K.E., Lu, S., Natapov, L.M., Pease, V., Pisarevsky, S.A., Thrane, K., Vernikovsky, V. 2008. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis. *Precambrian Research* 160 (2008) p. 179-210.
- Matos R., Teixeira W., Geraldes M.C., Bettencourt J.S. 2009. Geochemistry and Nd-Sr isotopic signatures of the Pensamiento Granitoid Complex, Rondonian-San Ignacio Province, east precambrian shield of Bolívia: petrogenetic constraints for a mesoproterozoic magmatic arc setting. São Paulo, Geol. USP, *Sér. Cient.*, 9(2):89-117.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T. and Maynard, J.B. 1990. Geochemical and Nd-Sr Isotopic Composition of Deep-Sea Turbidites - Crustal Evolution and Plate Tectonic Associations. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 54(7): 2,015-2,050.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Johnsson, M.J., Basu, A. (Eds.), Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. *Geological Society of America, Special Papers* 285, pp. 21–40.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, 715e717.



- Newton, R.C., and Haselton, H.T., 1981, Thermodynamics of the garnet-plagioclase- $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ -quartz geobarometer. In R. C. Newton *et al.*, Eds., *Advances in Physical Geochemistry*, Vol. 1, p. 131-148. Springer-Verlag.
- Paciullo, F. V. P., Trouw, R. A. J., Ribeiro, A. 2002. Geologia da Folha Andrelândia. In: A. C. Pedrosa Soares, C. M. Noce, R. A. J. Trouw, M. Heilbron (orgs.), Projeto sul de Minas – Etapa 1. COMIG, UFRJ e UFMG, 2002. Cap. 4, p. 98 - 119.
- Pettijohn, F. J.; Potter, P. E.; Siecer, R. 1972. Sand and Sandstone. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 1972, 618p.
- Pisarevsky, S.A., Murphy, J.B., Cawood, P.A., Collins, A.S., 2008. Late Neoproterozoic and Early Cambrian palaeogeography: models and problems. In: Brito Neves, B.B., Trouw, R.A.J., de Wit, M.J., Pankhurst, R.J. (Eds.), Western Gondwana: Pre-Cenozoic Geology Bordering the South Atlantic. *Geological Society, London, Special Publication* 294, p. 9–32.
- Ribeiro A., Trouw R.A.J., Andreis R.R., Paciullo F.V.P., Valença J.G. 1995. Evolução das bacias Proterozóicas e o termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, 25: 235-248.
- Rubatto, D. (2002) Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. *Chem. Geol.* 184:123-138.
- Santos, L.P., Campos Neto, M.C. & Carvalho C.H.G. 2004. Metamorphic path constrained by metapelitic rocks from the inner Aiuruoca-Andrelândia *Nappe*, southern of the São Francisco Craton, SE Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, 16:725-741.
- Schobbenhaus C. & Brito Neves B.B. 2003. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: L.A. Bizzi, R.M. Vidotti e J.H. Gonçalves (eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. Brasília: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 5-54.
- Siga Junior, O., Basei, M.A.S., Nutman, A., Sato, K., McReath, I., Passareli, C.R., Liu, D. 2011. Extensional and collisional magmatic records in the Apiaí Terrane, South-Southeastern Brazil: integration of Geochronological U-Pb zircon ages. *Geol. USP, Sér. Cient.*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 149-175. 2011.
- Spear, F.S. and Cheney, J.T. (1989) A petrogenetic grid for pelitic schists in the system  $\text{SiO}_2$  -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{FeO}$  -  $\text{MgO}$  -  $\text{K}_2\text{O}$  -  $\text{H}_2\text{O}$ . *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 101, 149-164.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. The continental crust: its composition and evolution. *Blackwell, Oxford*, 312 pp.
- Tohver, E., Teixeira, W., van der Pluijm, B., Gervais, M.C., Bettencourt, J.S., and Rizzotto, G. 2006. Restored transect across the exhumed Grenville orógeno of Laurentia and Amazonia, with implications for crustal architecture. *Geology*, v. 34, p. 669-672, doi: 10.1130/G22534.1.
- Trouw R.A.J., Ribeiro A. & Paciullo F.V.P. 1983. Geologia estrutural dos Grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, Sul de Minas Gerais. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 55(1):71-85.
- Trouw, R.A.J., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F.V.P., Valeriano, C.M., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M., Andreis, R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho (eds) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, p. 287-310.
- Trouw, R.A.J., Junho, M.C.B., Ribeiro, Paciullo, F.V.P., Almeida, M.E. & Valeriano C.M. 2002a. Mapa Geológico Folha Pouso Alto, escala 1:100.000. COMIG, UFRJ, UFMG, Projeto Sul de Minas - Etapa 1.
- Trouw R.A.J., Paciullo F.V.P., Ribeiro A., Bittar S. & Almeida J.C.H. 2002b. Mapa Geológico Folha Caxambu, escala 1:100.000. COMIG, UFRJ, UFMG, Projeto Sul de Minas – Etapa 1.



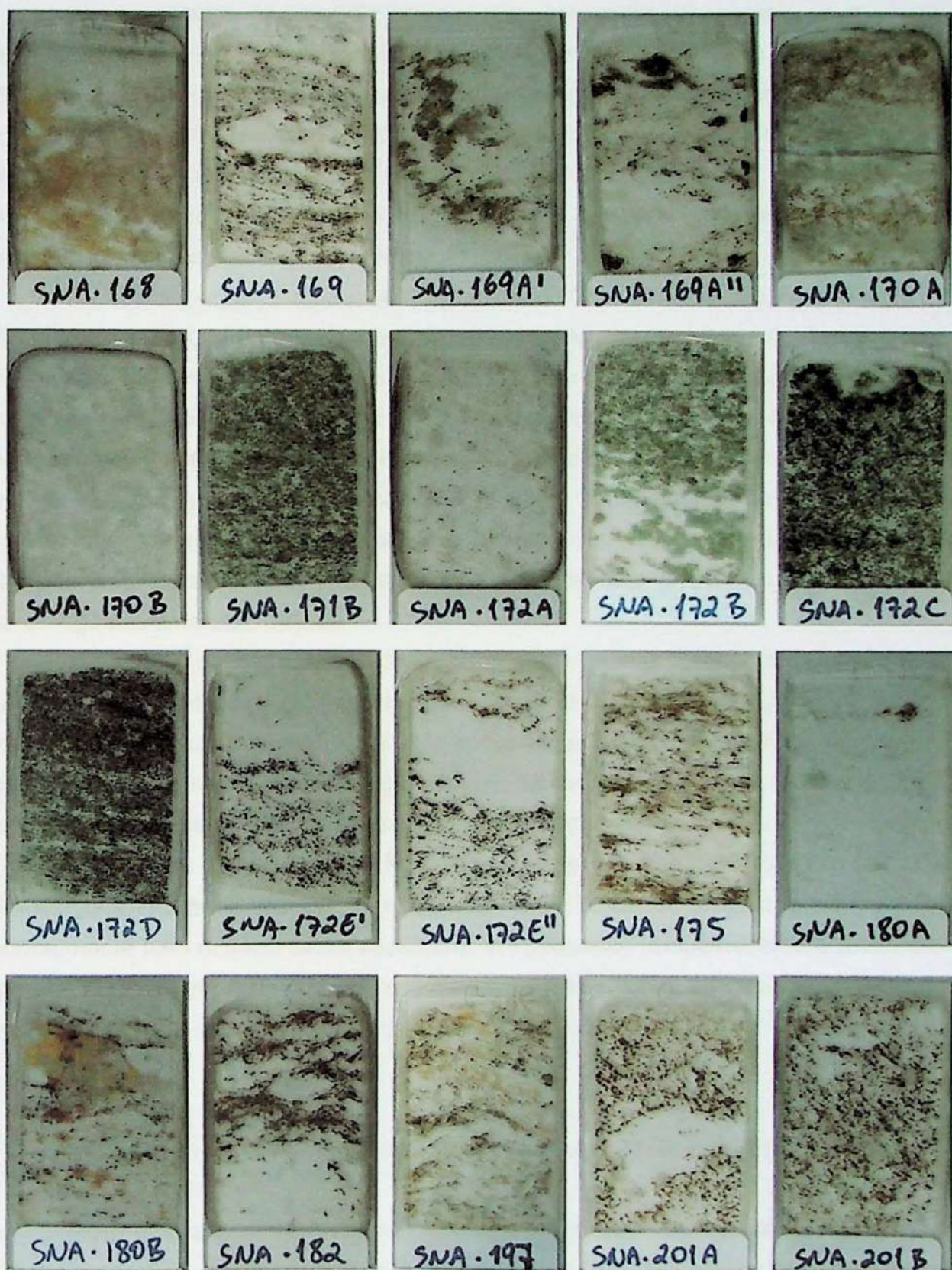
- Valeriano, C.M., 1983. Geologia de uma área a sudoeste de Aiuruoca, sul do Estado de Minas Gerais. *In*: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Geologia do Pré-Cambriano 2. *Anais* 3, 209–213.
- Vielzeuf, D. & Holloway, J. R. (1988). Experimental determination of the fluid-absent melting relations in the pelitic system. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 98, 257–276.
- Westin, A. 2011. Análise de proveniência e posicionamento estrutural e estratigráfico de metassedimento do Sistema de *Nappes* Carrancas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 17 e 18 p.



ANEXOS



# 1. PETROGRAFIA E FOTOMICROGRAFIAS





## SNA – 168

### Quartzo-granada-grunerita/cummingtonita

Essa amostra foi descrita apenas em um ponto do campo, e consistia um afloramento na forma de um bloco arredondado muito denso. Por sua dureza e dificuldade de se quebrar um pedaço foi constatado que ela continha bastante ferro. Rocha composta principalmente por clinoanfibólio rico em ferro (grunerita-cummingtonita), granada rica em ferro (provavelmente almandina), quartzo. Grande parte da lâmina apresenta estrutura maciça, porém em um dos cantos ocorre uma pequena intercalação entre bandas nematoblásticas com bandas granoblásticas.

Os cristais de **grunerita-cummingtonita** (60 % em volume da lâmina) ocorrem em diferentes cortes que apresentam cor de birrefringência amarela e azul. Todos os cristais encontram-se geminados. Geralmente os cristais com cores de birrefringência mais alta são maiores, medindo até 7,0 mm, já os com birrefringência amarelada são mais finos e normalmente ocorrem na forma de leques. Em relação a ordem de crescimento dos minerais é possível dizer que os cristais com birrefringência azul se formaram antes, e por cima vieram tanto os grãos de granada quanto os cristais de anfibólio com birrefringência baixa. Uma terceira geração, crescida sobre todos os minerais anteriores é de anfibólio (de birrefringência amarela), radiado.

Os cristais de **granada** (25 % em volume da lâmina) apresentam cor amarronzada levemente avermelhada, com formatos irregulares. Chegam a medir 3,5 mm e apresentam inclusões de quartzo e clorita (muito raro) e fraturas preenchidas por material avermelhado (talvez biotita). Certos grãos são límpidos e não apresentam inclusões. Ocorrem geralmente junto aos cristais de anfibólio e raramente sobre a porção quartzosa.

Os cristais de **quartzo** (15 % em volume da lâmina) ocorrem em diversas granulações, medindo de 0,2 mm até 7,0 mm, bastante irregulares e com bordas normalmente bem entrecortadas, abauladas, em pequenas protuberâncias arredondadas. A grande parte dos grãos apresentam extinção ondulante e trilhas de inclusões fluídas. Alguns cristais de quartzo ocorrem no meio da massa de anfibólios.

## SNA – 169

### Granada-cianita-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto

Essa amostra é composta por uma intercalação caótica de bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas com bandas nemato-lepidoblásticas. Essa intercalação não ocorre de maneira rítmica e nem contínua.

Bandas Granoblásticas (45 % da lâmina)



As bandas granoblásticas são compostas principalmente por quartzo e plagioclásio, sendo raros os cristais de cianita, muscovita e biotita. A espessura dessas porções varia muito, medindo de 0,9 até 5,8 mm em um bolsão de granulação muito grossa.

Os cristais de **quartzo** (60 % em volume da banda granoblástica) geralmente são mais finos que os grãos de plagioclásio, e medem de 0,25 a 2,0 mm. A grande parte deles apresenta extinção ondulante e trilhas de inclusões fluidas, podem ser bastante disformes, com bordas irregulares podendo ser ora arredondadas ora pontiagudas.

Os cristais de **plagioclásio** (37 % em volume da banda granoblástica) são ligeiramente maiores que os grãos de quartzo, podendo chegar a medir até 5,8 mm. Apresentam geminação Lei da Albita que nem sempre é muito visível, e normalmente apresentam-se saussuritizados e alterados. Suas formas são bastante irregulares também, com bordas tortuosas e às vezes pontiagudas. Podem apresentar inclusões arredondadas de quartzo. Em alguns locais específicos da lâmina é possível observar trilhas intersticiais de grãos de plagioclásio mais finos com grãos de cianita.

Os cristais de **cianita**, **muscovita** e **biotita** (3 % em volume da banda granoblástica) que ocorrem nessa porção da rocha são raros e aparecem de maneira aleatória e são menores que os grãos desses mesmos minerais que ocorrem na banda nemato-lepidoblástica.

#### Banda Nemato-lepidoblástica (55 % da lâmina)

Essa banda chega a ser mais disforme, descontínua e irregular que a banda granoblástica. É constituída principalmente por muscovita, cianita, biotita, granada e minerais opacos, mas também ocorrem cristais de estaurolita e zircão.

Os cristais de **muscovita** (30 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são geralmente subidioblásticos e medem de 0,5 a 3,5 mm de comprimento com até 1,5 mm de largura. Podem apresentar inclusões de minerais opacos.

Os cristais de **biotita** (28 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são tanto xenoblásticos com bordas difusas quanto subidioblásticos, todos com pleocroísmo forte do bege ao laranja escuro. Geralmente são grãos menores que os cristais de muscovita, medindo em média 1,2 mm. Podem apresentar inclusões de zircão formando desta forma alos pleocróicos e como os grãos de muscovita, de minerais opacos.

Os cristais de **cianita** (20 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são bastante abundantes e cresceram conforme a direção da foliação são normalmente subidioblásticos. Na grande maioria é possível observar uma direção de clivagem, sendo mais raros os grãos nos quais se distingue as duas direções. Eles medem em média 1,8 mm e podem apresentar inclusões de minerais opacos, zircão e quartzo.

Os cristais de **granada** (15 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem dispersos pelas bandas nemato-lepidoblásticas e tendem a apresentar formatos



arredondados a ovais. Medem em geral 0,5 mm, podendo ocorrer grãos um pouco menores e grãos um pouco maiores. Quase todos os cristais de granada apresentam inclusões de minerais opacos.

Os cristais de **estaurolita** (1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são relativamente finos medindo em média 0,1 mm. O pleocroísmo para o amarelo é bem sutil que as vezes chega a ser imperceptível. Geralmente ocorrem vários cristais aglomerados juntamente com a foliação.

Os cristais de **minerais opacos** (6 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são completamente disformes, mas geralmente apresentam um eixo maior de crescimento.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são bastante raros, mas podem chegar a medir 0,1 mm. Podem estar inclusos nos cristais de granada e de cianita.

### SNA – 169 A'

#### Turmalina-granada-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto

Essa lâmina foi feita numa porção hidrotermalizada do afloramento e, portanto apresenta uma composição mineralógica um pouco distinta de outras amostras feitas no mesmo local. Essa amostra apresenta massas quartzo-feldspáticas granoblásticas dispostas entre ripas de muscovita e de biotita orientadas em uma direção preferencial juntamente com cristais de granada. Ocorrendo também, de forma aleatória, megacristais de turmalina, e espalhados pela lâmina, pequenos cristais de estaurolita.

#### Banda Granoblástica (30 % da lâmina)

Os cristais de **quartzo** (75 % em volume das bandas granoblástica) ocorrem em várias granulações, medindo de 0,2 a quase 3,0 mm. Geralmente os cristais menores apresentam formatos mais equidimensionais, já os cristais maiores tendem a ocorrer alongados, segundo a direção das bandas. Em alguns grãos é possível observar extinção ondulante. Suas bordas são bastante irregulares, lobadas e tortuosas.

Os cristais de **plagioclásio** (25 % em volume das bandas granoblástica) são mais raros que os grãos de quartzo, mas quando ocorrem estão sempre bem alterados e com a geminação Lei da Albita. Em um local específico da lâmina ocorre um grão de 8,3 mm de comprimento. Seus formatos são bastante irregulares, apresentando também bordas sinuosas.

#### Banda Nemato-lepidoblástica (45 % da lâmina)



Os cristais de **granada** (30% em volume das bandas nemato-lepidoblástica) ocorrem ou associados aos megacristais de turmalina ou aos grãos dos minerais micáceos. Em sua grande maioria são subidioblásticos e não apresentam inclusões. Medem em média 0,5 mm.

Os cristais de **estauroлита** (< 1 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são raros e muito pequenos, e às vezes ocorrem associados aos grãos de granada, inclusos ou próximos aos cristais de turmalina.

Os cristais de **muscovita** (63 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são em grande parte xenoblásticos, ocorrendo alguns subidioblásticos. Medem em média 0,9 mm de comprimento. Ocorrem na maioria marcando a foliação juntamente com os cristais de biotita, mas ocorrem também, em algumas porções, decussados e sem nenhuma orientação aparente, podendo ser estes, grãos posteriores.

Os cristais de **biotita** (2 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são xenoblásticos e bem menores que os cristais de muscovita. Apresentam pleocroísmo do bege claro ao laranja claro.

Os cristais de **apatita** (1 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são raros na lâmina, ocorrem em formatos arredondados a ovais e apresentam cor de birrefringência azul acinzentado.

Os cristais de **rutilo** (< 1 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) ocorrem com cor amarronzada e geralmente próximos aos grãos de minerais opacos, podendo estar ou não inclusos na turmalina.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são raros e ocorrem de forma aleatória e medem em média 0,1 mm.

Os cristais de **minerais opacos** (4 % em volume das bandas nemato-lepidoblástica) são comuns na lâmina, mas ocorrem quase que sempre associados ou inclusos nos grãos de turmalina. São xenoblásticos e variam bastante em tamanho.

#### *Megacristais (25 % da lâmina)*

Os cristais de **turmalina** (35 % em volume da lâmina) são provenientes do hidrotermalismo, ocorrem como megacristais que ora estão orientados segundo a foliação marcada pelos cristais de muscovita e biotita, ora ocorrem de forma desorientada. São grãos xenoblásticos, com pleocroísmo bastante forte do bege claro ao verde alaranjado. Podem ocorrer com inclusões de zircão, minerais opacos, granada, muscovita, e quartzo. Suas bordas estão completamente corroídas, e em alguns locais parece ter mais inclusões do que turmalina.



**Turmalina-granada-biotita-plagioclásio-muscovita-quartzo xisto**

Assim com a amostra SNA 169 A', esta lâmina foi feita da porção hidrotermalizada do afloramento. Essa amostra apresenta ora uma intercalação perceptível entre bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas com bandas lepidoblásticas de biotita e muscovita, ora cristais desorientados dos minerais micáceos juntos aos grãos de quartzo e feldspato. Ocorrem também cristais de granada, estaurolita e megacristais de turmalina.

Banda Granoblástica (35 % da lâmina)

Os cristais de **quartzo** (75 % em volume das bandas granoblástica) ocorrem geralmente alongados nos locais onde as bandas são mais proeminentes e marcadas, e tendem a formatos mais equidimensionais nas regiões onde as bandas estão não se encontram estruturadas. Grande parte dos grãos apresenta extinção ondulante, suas bordas são irregulares e onduladas.

Os cristais **plagioclásio** (25 % em volume das bandas granoblástica) são muito mais raros que os grãos de quartzo. Ocorrem sempre bastante alterados e nem sempre é tão visível a geminação Lei da Albita. São ligeiramente menores que os grãos de quartzo, embora em um local específico da lâmina ocorra um único grão com 6,8 mm de comprimento.

Banda Lepidoblástica (55 % da lâmina)

Os cristais de **muscovita** (56 % em volume das bandas lepidoblástica) são em geral subidioblásticos e medem em média 1,3 mm. Em sua maioria ocorrem orientados segundo a foliação, porém em alguns certos locais da lâmina, estes cristais ocorrem com tamanhos menores e completamente decussados e sem orientação aparente.

Os cristais de **biotita** (20 % em volume das bandas lepidoblástica) são em sua grande maioria subidioblásticos com pleocroísmo do bege ao laranja, mas ocorrem alguns cristais xenoblásticos alaranjados e com pleocroísmo quase inexistente. No geral são menores que os grãos de muscovita e medem em média 0,7 mm.

Os cristais de **granada** (20 % em volume das bandas lepidoblástica) são em geral subidioblásticos, medem em média 0,5 mm e raramente apresentam inclusões, que quando ocorrem são de minerais opacos e zircão na maior parte das vezes. Ocorrem de maneira aleatória ao longo das bandas lepidoblásticas.

Os cristais de **estaurolita** (> 1 % em volume das bandas lepidoblástica) são raros na lâmina, ocorrem na forma de pequenos cristais levemente amarelados. Ocorrem geralmente próximos aos grãos de granada.



Os cristais de **minerais opacos** (4 % em volume das bandas lepidoblástica) ocorrem quase sempre associados às bandas lepidoblásticas, são xenoblásticos e variam bastante no tamanho.

Os cristais de **rutilo** (< 1 % em volume das bandas lepidoblástica) são raros na lâmina, ocorrem associados aos grãos de minerais opacos e apresentam cor amarronzada.

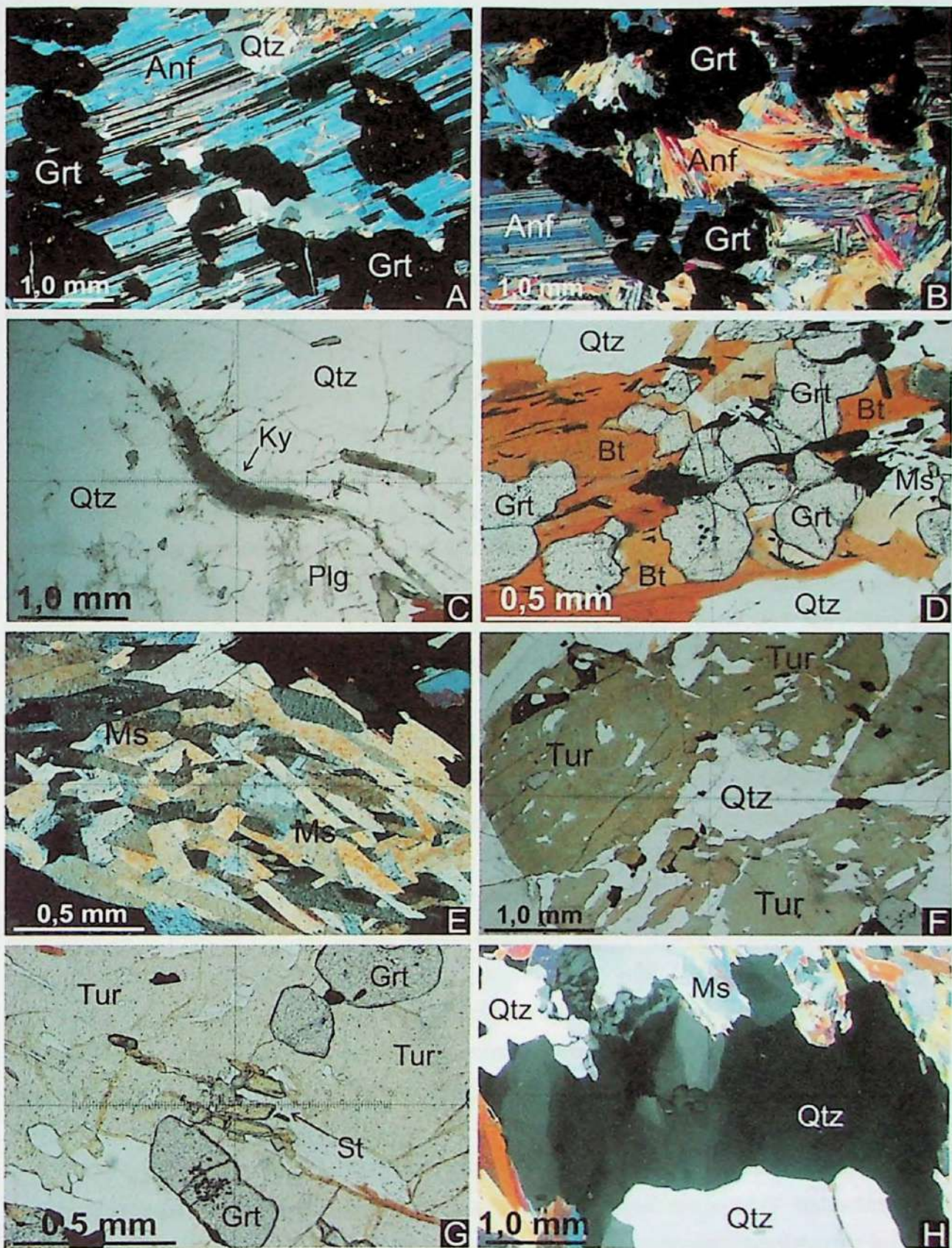
Os cristais de **apatita** (< 1 % em volume das bandas lepidoblástica) não são muito comuns, ocorrem em pouquíssimos locais da lâmina, em formatos ovais.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume das bandas lepidoblástica) ocorrem aleatoriamente na lâmina, mas chegam a medir 0,1 mm.

#### *Megacristais (10 % da lâmina)*

Os megacristais de **turmalina** (10 % em volume da lâmina) são frutos de eventos hidrotermais, são xenoblásticos e alguns cristais apresentam pleocroísmo forte do bege ao verde amarronzado, enquanto que outros grãos não apresentam pleocroísmo visível. Ocorrem geralmente associados às bandas lepidoblásticas.





**Figura 1.** (A) SNA-168: cristais de granada sobrecrecidos em grande grão de clinoanfóbio (nicóis X); (B) SNA-168: cristais de granada e duas gerações do clinoanfóbio - cores de birrefringência distintas (nicóis X); (C) SNA-169: cristais de cianita amoldados entre dois cristais de quartzo (nicóis //); (D) SNA-169: cristais de granada límpidos sobrecrecidas na foliação lepidoblástica, sem presença de inclusões (nicóis //); (E) SNA-169 A': cristais decussados de muscovita (nicóis X); (F) SNA-169 A': megacristais de turmalina hidrotermal, com algumas inclusões de quartzo (nicóis //); (G) SNA-169 A': cristais límpidos de granada, pequenos grãos de estaurolita sobre grande cristal de turmalina (nicóis //); (H) SNA-169 A': grãos de quartzo com extinção ondulante (nicóis X).



**Titanita-granada-biotita-anfibólio gnaiss calciossilicático**

Essa amostra apresenta estrutura bandada de cristais orientados de biotita e anfibólio (banda lepidó-nematoblástica) intercalados a bandas ricas em quartzo e plagioclásio (banda granoblástica). Essa intercalação se dá de maneira caótica e bem desorganizada. É composta por anfibólio, biotita, quartzo, plagioclásio, granada, carbonato, titanita, clinozoisita e apatita.

Banda Lepido-nematoblástica (60 % da lâmina)

Essa banda compõe a maior parte da lâmina, apresenta granulação mais grossa e por ela é possível observar uma foliação bem marcada. Mesmo nesta banda há uma certa diferença de composição em certas porções, em algumas a quantidade de anfibólio é predominante, já em outras a biotita que predomina.

Os cristais de **anfibólio** (42 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) apresentam coloração amarelo acinzentado e sem pleocroísmo observável. Na maior parte dos grãos não é possível ver as duas direções de clivagem. Ocorrem na forma de grandes massas de cristais alongados e orientados, porém sem bordas homogêneas. Apresentam formatos bastante irregulares. Medem em média 2,0 mm.

Os cristais de **biotita** (26 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) variam de xenoblásticos a subidioblásticos, com pleocroísmo bem forte do bege claro ao laranja. Na maior parte dos cristais subidioblásticos é possível observar uma direção de clivagem. Medem em média 0,4 mm. A grande parte ocorre orientada segundo uma direção preferencial, a mesma dos anfibólios, porém ocorrem alguns grãos orientados em direções distintas.

Os cristais de **titanita** (12 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) chegam a medir 0,7 mm, e podem ocorrer tanto isolados na lâmina quanto em pequenos aglomerados orientados segundo a foliação. A coloração típica amarronzada é observada, assim como as cores de birrefringência alta.

Os cristais de **granada** (15 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) ocorrem distribuídos pela lâmina, são bem mal formados, ou, apresentam muitas inclusões o que lhes confere um aspecto de “consumido”. Ocorrem pedaços pequenos também ao longo da massa quartzo-feldspática.

Os cristais de **clinozoisita** (3 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) são finos e arredondados, normalmente incolores e com cores de birrefringência azul escuro.

Os cristais de **apatita** (1 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) apresentam formatos que variam de arredondados a ovais. São incolores, fraturados e com cor de birrefringência azul acinzentado.



Os cristais de **carbonato** (1 % em volume da banda lepidó-nematoblástica) são bem raros, ocorrem nos interstícios dos grãos de anfibólio e apresentam formatos completamente irregulares, são finos.

#### Banda Granoblástica (40% da lâmina)

Essa banda é composta apenas por quartzo e plagioclásio, e não apresentam continuidade lateral assim como a banda lepidó-nematoblástica, estando bastante disforme e descontínua.

Os cristais de **quartzo** (60 % em volume da banda granoblástica) ocorrem tanto finos quanto grossos, chegando a medir 1,3 mm. Quanto menores o grão mais equidimensional ele tende a ser, quanto maior, mais comprido e orientado ele é. Podem apresentar extinção ondulante, fraturas e trilhas de inclusões fluidas.

Os cristais de **plagioclásio** (40 % em volume da banda granoblástica) estão sempre geminados com a geminação Lei da Albita, e podem apresentar esta mesma geminação com terminação em lança. Geralmente apresentam granulação mais constante do que os grãos de quartzo, e tendem a ser mais equidimensionais, sendo raros os cristais alongados que permita observar alguma orientação espacial.

### **SNA 170 B**

#### **Titanita-epidoto-carbonato-escapolita-diopsídio gnaiss calciossilicático**

Essa amostra apresenta aspecto maciço pela distribuição aparentemente homogênea de todos os minerais ao longo da lâmina. Ela é composta principalmente por piroxênio, escapolita, quartzo, plagioclásio e carbonato, mas ocorrem também, em menor volume, cristais de titanita, clinozoisita, epidoto e biotita. Por apresentar uma assembleia mineral condizente com uma rocha calciossilicática, o clinopiroxênio deve apresentar composição cálcica (diopsídio), e a escapolita deve ser meionita (escapolita rica em cálcio).

Os cristais de **clinopiroxênio** (35 % em volume da lâmina) são os que apresentam maior relevo na lâmina, ocorrem com cores beges amarronzadas e estão ligeiramente fraturados. Na maior parte dos casos é possível observar apenas uma direção de clivagem, mas em raros grãos as duas direções em 90° entre cada é perceptível. As cores de birrefringência variam de bege a tons mais quentes como verde, azul e laranja. Os formatos são bastante irregulares, e as bordas nunca são retilíneas. Podem ocorrer com várias inclusões de quartzo, escapolita, titanita e carbonato. É possível observar uma certa orientação dos cristais de diopsídio, porém isso não é o bastante para gerar uma foliação proeminente na rocha. Eles chegam a medir até 4,3 mm. Em alguns locais apresenta inclusões de algum mineral provavelmente que contenha material radioativo, pois confere ao diopsídio fraturas radiais.



Os cristais de **escapolita** (22 % em volume da lâmina) são incolores, mas apresentam relevo maior do que os grãos de quartzo e plagioclásio. Apresentam cores de birrefringência bastante variável, do bege ao verde amarelado e rosa. Seus formatos também são bastante irregulares e geralmente podem apresentar uma série de fraturas. Podem apresentar formatos praticamente equidimensionais até levemente alongados. Medem de 0,2 a 1,3 mm.

Os cristais **quartzo** (8 % em volume da lâmina) não são muito comuns na lâmina, geralmente apresentam-se fraturados e com trilhas de inclusões fluidas. Os formatos são bastante irregulares e no geral apresentam extinção ondulante. Medem em média 1,5 mm.

Os cristais de **plagioclásio** (6 % em volume da lâmina) são menos comuns do que os de quartzo, quando ocorrem apresentam geminação Lei da Albita, e normalmente são mais finos do que os grãos de quartzo. Podem apresentar formatos mais equidimensionais.

Os cristais de **carbonato** (15 % em volume da lâmina) ocorrem ou na forma de um conjunto de grandes grãos nos quais é possível observar suas direções de clivagem, ou ocorrem nos interstícios dos cristais de meionita e de diopsídio.

Os cristais de **clinozoisita** (5 % em volume da lâmina) apresentam cor de birrefringência azul jeans e geralmente ocorrem nos interstícios dos cristais de diopsídio. É comum encontrar inclusões de algum mineral provavelmente radioativo, pois confere à clinozoisita um padrão de fratura radial. Ou podem ocorrer na forma de grãos arredondados distribuídos pela lâmina.

Os cristais de **titanita** (6 % em volume da lâmina) apresentam normalmente o típico formato losangular. Medem de 0,25 mm a 1,0 mm, e apresentam coloração marrom e birrefringência alta.

Os cristais de **epidoto** (3 % em volume da lâmina) são geralmente arredondados e com cor de birrefringência alta, em tons de azul e rosa. Medem em geral 0,15 mm e podem estar inclusos nos grãos de titanita.

Os cristais de **biotita** (< 1 % em volume da lâmina) são bem raros, xenoblásticos e com cor de pleocroísmo do bege claro ao laranja. Ocorrem tanto próximos aos grãos de meionita quanto dos de diopsídio.

## **SNA – 171 B**

### **Titanita-epidoto anfibolito**

Amostra composta por intercalações irregulares, descontínuas e em diferentes proporções de bandas ricas em anfibólio com bandas quartzo-feldspáticas. Nas bandas com textura nematoblástica os cristais de anfibólio tendem a estarem orientados segundo uma direção preferencial de alongação, já nas bandas granoblásticas os grãos tendem a ser mais equidimensionais e essa direção de crescimento não é proeminente.



### Bandas Nematoblásticas (80 % da lâmina)

As bandas nematoblásticas são compostas principalmente por hornblenda, mas ocorrem também, em quantidade expressiva, epidoto, titanita, apatita e biotita. A granulação geral dessa porção é fina-média, sendo os grãos de hornblenda os mais grossos.

Os cristais de **hornblenda** (70 % em volume da banda nematoblástica) apresentam coloração verde claro levemente amarelado, com pleocroísmo do bege amarelado ao verde. Em muitos dos grãos é possível observar as duas direções de clivagem em 60° e 120°, que distinguem facilmente os anfibólios dos piroxênios. A maior parte dos cristais que estão orientados, essa orientação se dá segundo a direção da bissetriz do ângulo de 60°. A cor de birrefringência dos cristais de hornblenda varia de amarelo claro a laranja roxeado com azul passando por um amarelo alaranjado. Os cristais medem de 0,3 a 2,3 mm e possuem formatos muitas vezes irregulares, com bordas levemente abauladas ou retilíneas. Em alguns casos há presença de inclusões principalmente de quartzo e plagioclásio.

Os cristais de **epidoto** (18 % em volume da banda nematoblástica) geralmente apresentam cores que variam do quase incolor ao marrom claro, com cores de birrefringência arco-íris. Apresentam formatos tanto arredondados quanto alongados, chegando a medir uns 0,45 mm.

Os cristais de **clinozoisita** (4 % em volume da banda nematoblástica) apresentam coloração amarronzada e cor de birrefringência azul *jeans*. Ocorre com formatos ovais a arredondados.

Os cristais de **titanita** (6 % em volume da banda nematoblástica) são típicos cristais marrons com cor de birrefringência marrom claro com uma textura chamuscada. Podem apresentar formatos bastante disformes até o clássico losango. Chega a medir até 0,4 mm.

Os cristais de **biotita** (< 1 % em volume da banda nematoblástica) são muito raros, xenoblásticos e finos, medindo em média 0,3 mm. Apresentam coloração alaranjada e pleocroísmo forte do bege claro ao laranja.

Os cristais de **apatita** (2 % em volume da banda nematoblástica) assim como os grãos de biotita são bem raros. Apresentam formatos arredondados, são incolores e com cor de birrefringência azul claro.

### Bandas Granoblásticas (20 % da lâmina)

As bandas granoblásticas são muito mais descontínuas que as bandas nematoblásticas, às vezes formando pequenos "bolsões" bem irregulares se continuação. São compostas principalmente por plagioclásio. A granulação geral dessa porção é fina.

Os cristais de **plagioclásio** (80 % em volume da banda granoblástica) apresentam-se geminados, ora com essa geminação bem marcada e homogênea, ora bem difusa e com terminação em lança. Os grãos tendem a apresentar um lado mais comprido, orientado na



mesma direção que os cristais de hornblenda da banda nematoblástica, porém nesse caso essa orientação não fica tão visível. Chegam a medir até 0,85 mm.

Os cristais de **quartzo** (20 % em volume da banda granoblástica) tendem a ser mais raros que os grãos de plagioclásio, mas conseguem, em alguns casos, serem maiores, chegando a medir quase 1,0 mm. Apresentam formatos levemente irregulares e extinção ondulante.

## SNA – 172 A

### Granda-biotita-muscovita-quartzo xisto porfiroblástico com estaurolita

Rocha de aspecto xistoso com finas intercalações entre bandas nemato-lepidoblásticas e bandas granoblásticas. Apresenta porfiroblastos de granada que geralmente estão associados às bandas nemato-lepidoblásticas.

#### Banda Granoblástica (60 % da lâmina)

Essa banda é constituída predominantemente por quartzo, mas podem ocorrer de maneira aleatória cristais de biotita, muscovita, zircão e rutilo. Ela apresenta espessura média de 1,7 mm, é irregular e descontínua.

Os cristais de **quartzo** (98 % em volume da banda granoblástica) variam bastante quanto ao seu tamanho, podendo medir de 0,2 a 3,0 mm. Todos os cristais maiores que 0,2 mm apresentam extinção ondulante. Em algumas bandas os cristais apresentam-se mais equidimensionais enquanto que em outras os grãos de quartzo ocorrem em formatos bastante alongados. Em sua maioria as bordas dos grãos são bastante irregulares, ora abauladas ora pontiagudas. É comum encontrar trilhas de inclusões fluidas.

Os cristais de **muscovita** e **biotita** (2 % em volume da banda granoblástica) que ocorrem na banda granoblástica são geralmente mais finos que os que marcam a foliação, medindo em média 0,4 mm.

Os cristais de **zircão** e **rutilo** (< 1 % em volume da banda granoblástica) podem ocorrer inclusos nos grãos de quartzo e chegam a medir até 0,1 mm os cristais de zircão e 0,2 mm os grãos de rutilo.

#### Banda Nemato-lepidoblástica (30 % da lâmina)

Essa banda ocorre de maneira mais irregular e disforme do que a banda granoblástica e varia bastante na espessura, medindo de 0,6 a 2,5 mm. É composta principalmente por muscovita e biotita, mas ocorrem também: porfiroblastos de granada, minerais opacos, estaurolita, cianita, clorita, rutilo, apatita, e zircão.

Os cristais de **muscovita** (68 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são os principais constituintes da foliação, variam de xenoblásticos a subidioblásticos, sendo que a



maior parte tende a ser mais bem formada. Medem em média 1,7 mm de comprimento e variam de 0,2 a 0,8 mm de largura. Há uma direção preferencial de crescimento desses cristais, mas ocorrem também crescimentos em direções aparentemente aleatórias, representados por uma pequena parcela de grãos de muscovita. Nos locais onde se encontram os porfiroblastos de granada a foliação pode tanto amoldar esses grãos maiores como ter sido sobrecrecida.

Os cristais de **biotita** (25 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem sempre juntos aos grãos de muscovita, porém são ligeiramente mais finos e ocorrem em menor volume. Ocorrem também cristais xenoblásticos laranjas escuros com pleocroísmo incipiente, assim como subidioblásticos com pleocroísmo bastante visível do bege ao laranja avermelhado. Medem em média 0,9 mm de comprimento.

Os cristais de **clorita** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem de forma rara, associados normalmente aos cristais de biotita ou muscovita. Apresentam pleocroísmo quase que imperceptível para o verde claro.

Os cristais de **estauroлита** (4 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) podem ocorrer em tamanhos bastante distintos, desde 0,12 a 0,65 mm e são tanto xenoblásticos quanto subidioblásticos. Não são muito comuns, mas os que ocorrem normalmente são ligeiramente amarelados e apresentam pleocroísmo suave, porém perceptível. Podem apresentar inclusões arredondadas de quartzo, zircão e minerais opacos.

Os cristais de **apatita** (2 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem em formatos ovais e chegam a medir 1,0 mm de comprimento. São incolores e apresentam cor de birrefringência azul acinzentado.

Os cristais de **cianita** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são raríssimos nessa lâmina, sendo observado apenas um grão. Ele é subidioblástico e mede 1,7 de comprimento e 0,35 de largura. É possível observar bem marcada apenas uma direção de clivagem, e apresenta inclusão de quartzo.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem de maneira relativamente aleatória, podendo estar inclusos ou não nos grãos de biotita e muscovita. Quando inclusos em cristais de biotita, geram um alo pleocróico de cor mais escura. Chegam a medir até 1,2 mm.

Os cristais de **minerais opacos** (1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) apresentam formas bastante irregulares, mas seguem a mesma direção da foliação marcada predominantemente pelos grãos de muscovita. Podem ocorrer na forma de inclusões principalmente nos porfiroblastos de granada.

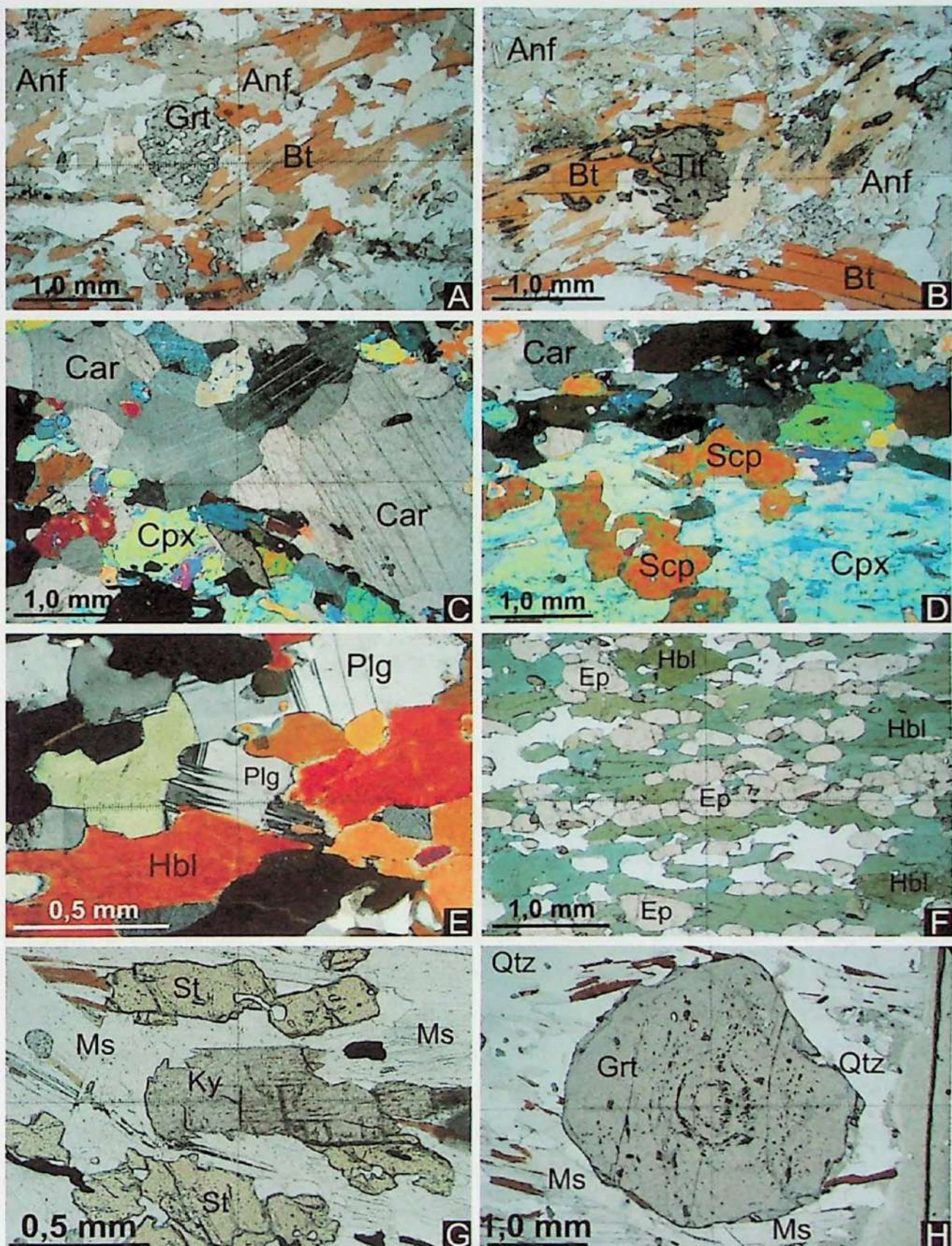
#### Porfiroblastos (10% da lâmina)

Os porfiroblastos de **granada** (15 % em volume da lâmina) medem de 0,5 a 2,7 mm de comprimento, tendem a apresentar formas mais arredondadas ou alongadas segundo a



direção da foliação. Apresentam inúmeras inclusões tanto de quartzo, minerais opacos, rutilo e zircão, raramente ocorrendo uma inclusão de biotita. Na maior parte dos grãos a foliação interna não apresenta continuação/relação com a foliação externa, porém é comum encontrar foliações internas semelhantes a espirais.





**Figura 2.** (A) SNA-170 A: cristais de granada sobre a foliação lepidonematoblástica (nicóis //); (B) SNA-170 A: aglomerado de cristais de titanita orientados segundo a foliação (nicóis //); (C) SNA-170 B: grandes cristais de carbonato geminados (nicóis X); (D) SNA-170 B: cristais de escapolita envolvidos por grande quantidade de grãos de anfibólio (nicóis X); (E) SNA-171 B: grão de plagioclásio geminado com terminação em lança (nicóis X); (F) SNA-171 B: textura geral dos cristais de hornblenda e epidoto (nicóis //); (G) SNA-172 A: cristais de cianita e estauroлита na foliação micácea (nicóis //); (H) SNA-172 A: porfiroblasto de granada com foliação interna concêntrica (nicóis //).



## Titanita-epidoto anfibolito metatexítico

Essa amostra apresenta uma grande massa na qual predomina cristãos de anfibólio (mesossoma) orientados segundo seus eixos maiores de crescimento. Não tão marcante ocorrem leitos disformes quartzo-feldspáticos entre as camadas verdes. Em certa parte da lâmina há uma grande predominância de grãos de quartzo e feldspato (leucossoma).

Mesossoma (75 % da lâmina)

Essa porção da rocha apresenta intercalação descontínua e caótica de bandas com textura nematoblástica de granulação média, com bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas. As bandas nematoblásticas são compostas principalmente por cristais de hornblenda, mas ocorrem também grãos de biotita, titanita, apatita, epidoto e clinozoisita. A banda granoblástica é constituída por quartzo e plagioclásio.

*Banda Nematoblástica (75 % do mesossoma)*

Os cristais de **hornblenda** (72 % em volume da banda nematoblástica) apresentam coloração verde claro, com pleocroísmo não muito evidente do verde amarelado ao verde claro. Medem de 0,32 a 2,3 mm. São grãos que variam de subidioblásticos a xenoblásticos com bordas no geral irregulares, mas podendo ocorrer também algumas bordas retilíneas. É normal encontrar apenas uma das direções de clivagem do mineral, porém em raros grãos é possível observar as duas direções formando ângulos de 60° e 120°. A cor de birrefringência desse mineral varia de do amarelo ao verde claro, passando por tons mais alaranjados e/ou rosados. A grande parte dos cristais encontra-se orientados, porém ocorrem alguns grãos crescidos em outras orientações. É comum encontrar inclusões arredondadas de quartzo.

Os cristais de **epidoto** (10% em volume da banda nematoblástica) variam de arredondados a pequenos prismas, medindo em média 0,2 mm. Apresentam cores semelhantes a um bege amarronzado e cor de birrefringência muito alta (em arco íris).

Os cristais de **clinozoisita** (4 % em volume da banda nematoblástica) são geralmente menores que os grãos de epidoto, apresentam colocação clara ou marrom clara e cor de birrefringência azul *jeans*.

Os cristais de **biotita** (4 % em volume da banda nematoblástica) não são muito comuns, ocorrem tanto grãos xenoblásticos quanto subidioblásticos, com coloração alaranjada e pleocroísmo do bem visível do bege ao laranja. Medem em média 0,65 mm.

Os cristais de **titanita** (10 % em volume da banda nematoblástica) apresentam sempre formatos alongados e cores em tons de marrom. Alguns grãos apresentam o típico formato losangular. A cor de birrefringência no geral é baixa, em tons de marrom.



Os cristais de **apatita** (2 % em volume da banda nematoblástica) são incolores e com formatos ovais. Apresentam cor de birrefringência baixa, em tons de azul claro.

#### *Banda Granoblástica (25 % do mesossoma)*

Os cristais de **plagioclásio** (100 % em volume da banda granoblástica) predominam a banda granoblástica. Apresenta-se quase que todos com algum tipo de alteração e algumas fraturas, porém nem todos se apresentam geminados. Eles medem em média 0,7 mm, com formatos tendendo a mais equidimensionais do que alongados e com bordas mais homogêneas.

#### Leucossoma (25 % da lâmina)

O leucossoma apresenta textura granoblástica e é constituído principalmente por quartzo, ocorrendo em menor teor, cristais de plagioclásio. A granulação geral dessa porção é grossa.

Os cristais de **quartzo** (85 % em volume do leucossoma) são muito grossos e chegam a medir até 4,7 mm, cheios de inclusões fluidas e algumas fraturas. Os formatos são bastante irregulares e as bordas são levemente arredondadas tendendo a retilíneas. No geral é possível observar extinção ondulante, em alguns cristais é mais visível do que em outros.

Os cristais de **plagioclásio** (15 % em volume do leucossoma) são bem menores que os grãos de quartzo e chegam a medir até 2,0 mm. No geral eles se apresentam geminados, e alguns grãos até é observável a geminação Lei da Albita com terminação em lança. Seus formatos variam conforme o tamanho: quanto menores os cristais mais arredondados eles são, já os maiores são bem disformes.

### **SNA – 172 C**

#### **Titanita-epidoto anfibolito**

Essa amostra apresenta uma grande massa nematoblástica intercalada a cristais de quartzo e plagioclásio. É composta por hornblenda, titanita, clinozoisita, epidoto, quartzo plagioclásio, biotita, apatita e clinopiroxênio.

#### Banda Nematoblástica (75% da lâmina)

Essa banda é constituída por hornblenda, titanita, clinozoisita, epidoto, biotita e apatita. Ocorre apenas um cristal de clinopiroxênio, no qual é possível observar muito claramente uma direção de clivagem.

Os cristais de **hornblenda** (65 % em volume da banda nematoblástica) apresentam coloração que varia do verde bandeira ao verde musgo. Geralmente é possível observar



apenas uma direção de clivagem. A granulação geral é média e os formatos são irregulares, sempre tendendo a formas mais alongadas. Podem apresentar inclusões de titanita, epidoto e quartzo.

Os cristais de **titanita** (13 % em volume da banda nematoblástica) apresentam formatos mais arredondados, coloração marrom e cor de birrefringência alta.

Os cristais de **epidoto** (9 % em volume da banda nematoblástica) são um pouco mais raros que os de titanita, apresentam formatos arredondados e coloração meio amarronzada. Cor de birrefringência do tipo arco-íris.

Os cristais de **clinozoisita** (10 % em volume da banda nematoblástica) são arredondados e apresentam coloração que varia do marrom ao claro. A cor de birrefringência é azul *jeans*.

Os cristais de **apatita** (3 % em volume da banda nematoblástica) são incolores e fraturados, com formatos que variam de ovais a arredondados. A cor de birrefringência é azul.

O cristal de **clinopiroxênio** (< 1 % em volume da banda nematoblástica) apresenta coloração bege acinzentada e uma direção de clivagem bem marcada. A cor de birrefringência é amarelada e aparentemente apresenta extinção ondulante. Ocorre como um cristal totalmente disforme.

#### Banda Granoblástica (25 % da lâmina)

A banda granoblástica não apresenta continuidade lateral como a banda nematoblástica. É composta por quartzo e plagioclásio.

Os cristais de **plagioclásio** (85 % em volume da banda granoblástica) constituem a maior parte da banda granoblástica, apresentam geralmente geminação Lei da Albita, mas que nem sempre é bem visível. No geral tendem a ser mais grossos que os grãos de quartzo, e podem apresentar tanto formatos equidimensionais quanto meio alongados.

Os cristais de **quartzo** (15 % em volume da banda granoblástica) são bem mais finos que os grãos de hornblenda, apresentam formatos que tendem a ser mais equidimensionais. Medem em média uns 0,4 mm. Podem apresentar trilhas de inclusões fluidas e bordas que tendem a retilíneas.

### **SNA – 172 D**

#### **Titanita-epidoto anfibolito**

Essa amostra é representada por intercalações caóticas de bandas nematoblásticas com bandas granoblásticas muito descontínuas e em menor expressão. A granulação geral varia ao longo da lâmina, sendo em uma porção mais fina-média e em outra, média.



### Bandas Nematoblásticas (70 % da lâmina)

As bandas nematoblásticas são constituídas de hornblenda, epidoto, clinozoisita, titanita, biotita e apatita. Apresentam granulação geral maior que as bandas granoblásticas.

Os cristais de **hornblenda** (65 % em volume das bandas nematoblásticas) apresentam cores esverdeadas que variam de um verde límpido a um verde quase musgo. O pleocroísmo é mais visível nos cristais com cor verde musgo, e varia do bege amarelado ao verde. Os grãos de hornblenda no geral apresenta uma direção de maior crescimento, e tendem a estar orientados. Em alguns cristais é possível observar a clivagem em 60° e 120°. Os formatos variam bastante, desde bem irregulares a quase retângulos. Chegam a medir quase 2,0 mm. Em alguns locais é possível observar relação de substituição da hornblenda pela biotita.

Os cristais de **epidoto** (12 % em volume das bandas nematoblásticas) são marrons claros, com cores de birrefringência que varia de azul *jeans* a arco-íris. Podem apresentar formatos arredondados ou bem disformes e medem em média 0,3 mm.

Os cristais de **clinozoisita** (4 % em volume das bandas nematoblásticas) apresentam coloração clara geralmente, e cor de birrefringência azul acinzentada. Normalmente apresentam formatos ovais a arredondados.

Os cristais de **titanita** (8 % em volume das bandas nematoblásticas) são marrons e apresentam formatos variados, desde losangos a disformes ou ovais. Medem de 0,05 a 0,55 mm.

Os cristais de **biotita** (7 % em volume das bandas nematoblásticas) são grandes, chegando a medir 1,2 mm. Apresentam forte pleocroísmo do bege amarelado ao marrom esverdeado. São subidioblásticos e é possível observar facilmente uma direção de clivagem. Em alguns locais, cristais mais finos, ocorrem substituindo os grãos de hornblenda.

Os cristais de **apatita** (4 % em volume das bandas nematoblásticas) são incolores e apresentam cor de birrefringência azul. Normalmente são grãos arredondados.

### Bandas Granoblásticas (30 % da lâmina)

As bandas granoblásticas são constituídas por quartzo, plagioclásio e carbonato. São bastante irregulares e normalmente não apresentam continuidade lateral na foliação. Em local específico da lâmina ocorre uma banda semelhante a um *ribbon* de quartzo.

Os cristais de **quartzo** (55 % em volume das bandas granoblásticas) chegam a medir 2,3 mm, mas a grande maioria é bem mais fina do que isso. Muitos dos grãos apresentam trilhas de inclusões fluidas e extinção ondulante. Os formatos variam desde arredondados a completamente alongados.

Os cristais de **plagioclásio** (41 % em volume das bandas granoblásticas) apresentam-se geminados, ora com uma geminação bem marcada e retilínea, ora com terminação em lança ou descontínua. Alguns dos grãos estão saussuritizados. No geral os



cristais de plagioclásio tendem a apresentar o mesmo tamanho, sendo levemente equidimensionais.

Os cristais de **minerais carbonáticos** (4 % em volume das bandas granoblásticas) são raros na lâmina, apresentam-se bem disformes e em alguns é possível observar levemente uma direção de clivagem. A cor de birrefringência é bem alta, em tons de amarelo e rosa.

## **SNA – 172 E'**

### **Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexitico**

Essa amostra apresenta duas porções bastante distintas quanto a sua composição mineralógica, textura e granulação. Uma das porções, o leucossoma, é granoblástica grossa de composição quartzo-feldspática predominante, já a outra tende a apresentar intercalações de bandas lepidoblásticas com bandas granoblásticas, aparentemente sendo o mesossoma da rocha. A transição de uma porção para a outra é abrupta marcada por uma linha de cristais de biotita das intercalações lepidoblásticas.

#### Leucossoma (45 % da lâmina)

O leucossoma é composto de quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino, sendo raros cristais de biotita e muscovita. A granulação geral é bem grossa e apresenta no mínimo 1,5 cm de espessura.

Os cristais de **quartzo** (23 % em volume do leucossoma) apresentam-se geralmente em formatos alongados chegando a medir até 6,0 mm, a maior parte dos cristais apresenta extinção ondulante. Todos os grãos apresentam trilhas de inclusões fluidas e pequenas rachaduras, que em alguns casos estão preenchidas por muscovita. As bordas destes cristais encontram-se onduladas, mas ocorrem contatos mais regulares. Em alguns dados locais do leucossoma ocorrem mirmequitas pontuais.

Os cristais de **plagioclásio** (40 % em volume do leucossoma) chegam a ser maiores que os grãos de quartzo. Apresentam-se todos bastante alterados, fraturados e saussuritizados com algumas inclusões de cristais de quartzo de formatos bastante irregulares. Mesmo bastante alterados é perceptível uma geminação Lei da Albita bastante regular.

Os cristais de **feldspato potássico** (35 % em volume do leucossoma) apresentam geminação em grade bastante visível, porém geralmente irregular na qual as barras das grades da geminação mudam afinam e engrossam conforme a lâmina é girada. Esses grãos chegam a medir até 5,5 mm e também, assim como os cristais de quartzo e de plagioclásio, apresentam formatos irregulares e disformes. Os cristais de feldspato alcalino não ocorrem alterados como os de plagioclásio.



Os cristais de **biotita** (1 % em volume do leucossoma) são muito raros nessa porção da amostra, mas podem ocorrer tanto cristais xenoblásticos, com pleocroísmo perceptível, mas não muito exuberante quanto subidioblásticos com pleocroísmo fortíssimo do bege ao marrom escuro.

Os cristais de **muscovita** (1 % em volume do leucossoma) também são tão raros quanto os de biotita, mas geralmente ocorrem relacionados aos cristais de plagioclásio alterados. Alguns dos grãos são xenoblásticos e ocorrem em fissuras nos cristais de plagioclásio, mas chegam a ocorrer também grãos um pouco mais bem formados.

#### Mesosoma (55 % da lâmina)

O mesossoma apresenta uma intercalação irregular e não contínua de bandas granoblásticas com bandas lepidoblásticas compostas de biotita e muscovita. Geralmente as bandas granoblásticas são um pouco mais espessas que as lepidoblásticas e nem sempre os cristais de biotita ocorrem formando uma banda, podendo ocorrer também dispersos na massa quartzo-feldspática.

#### *Banda Granoblástica*

Os cristais de **quartzo** (40 % do volume da banda granoblástica) geralmente ocorrem alongados, com o eixo maior paralelo à direção das bandas. Podem medir de 0,7 até 3,0 mm com formatos irregulares e bordas tortuosas. Normalmente apresentam extinção ondulante e trilhas de inclusões fluidas. Em alguns locais ocorrem cristais de quartzo alongados semelhantes a um ribbon e a presença de mirmequita nas bandas granoblásticas do mesossoma são mais comuns que no leucossoma.

Os cristais de **plagioclásio** (30 % do volume da banda granoblástica) geralmente são menores que os grãos de quartzo e chegam a medir 2,0 mm, podem se apresentar alterados e saussuritizados, porém isso não ocorre em todos os grãos, como é o caso dos cristais de plagioclásio do leucossoma. A geminação Carls Bad varia bastante de espessura de grão para grão, podendo também ocorrer algumas terminações em lança dessa geminação.

Os cristais de **feldspato potássico** (19 % do volume da banda granoblástica) são mais raros nesta porção da rocha, chegam a medir até 2,2 mm e apresentam geminação em grade muito semelhante a geminação presente nos grãos de feldspato alcalino do leucossoma. Diferente dos grãos de plagioclásio, eles não ocorrem muito alterados, apenas saussuritizados pontualmente.

Os cristais de **biotita** e **muscovita** (1 % do volume da banda granoblástica) que ocorrem na banda granoblástica são raros e dispersos e nem sempre apresentam uma continuação com a foliação marcada pela banda lepidoblástica.



### *Banda Lepidoblástica*

Os cristais de **biotita** (80 % do volume da banda lepidoblástica) ocorrem em dois formatos distintos: uns são xenoblásticos, com bordas difusas, cor marrom avermelhada e pleocroísmo bem incipiente, outros são subidioblásticos com pleocroísmo gritante do bege ao marrom escuro. Em algumas partes há presença de clorita substituindo os grãos de biotita. É possível dizer que ocorrem três direções distintas de crescimento desses cristais, sendo possíveis três gerações de foliação. A principal é a que é formada principalmente pelos grãos xenoblásticos, as outras duas, quase que ortogonais entre si e oblíquas em relação à primeira, são marcadas pelos cristais subidioblásticos.

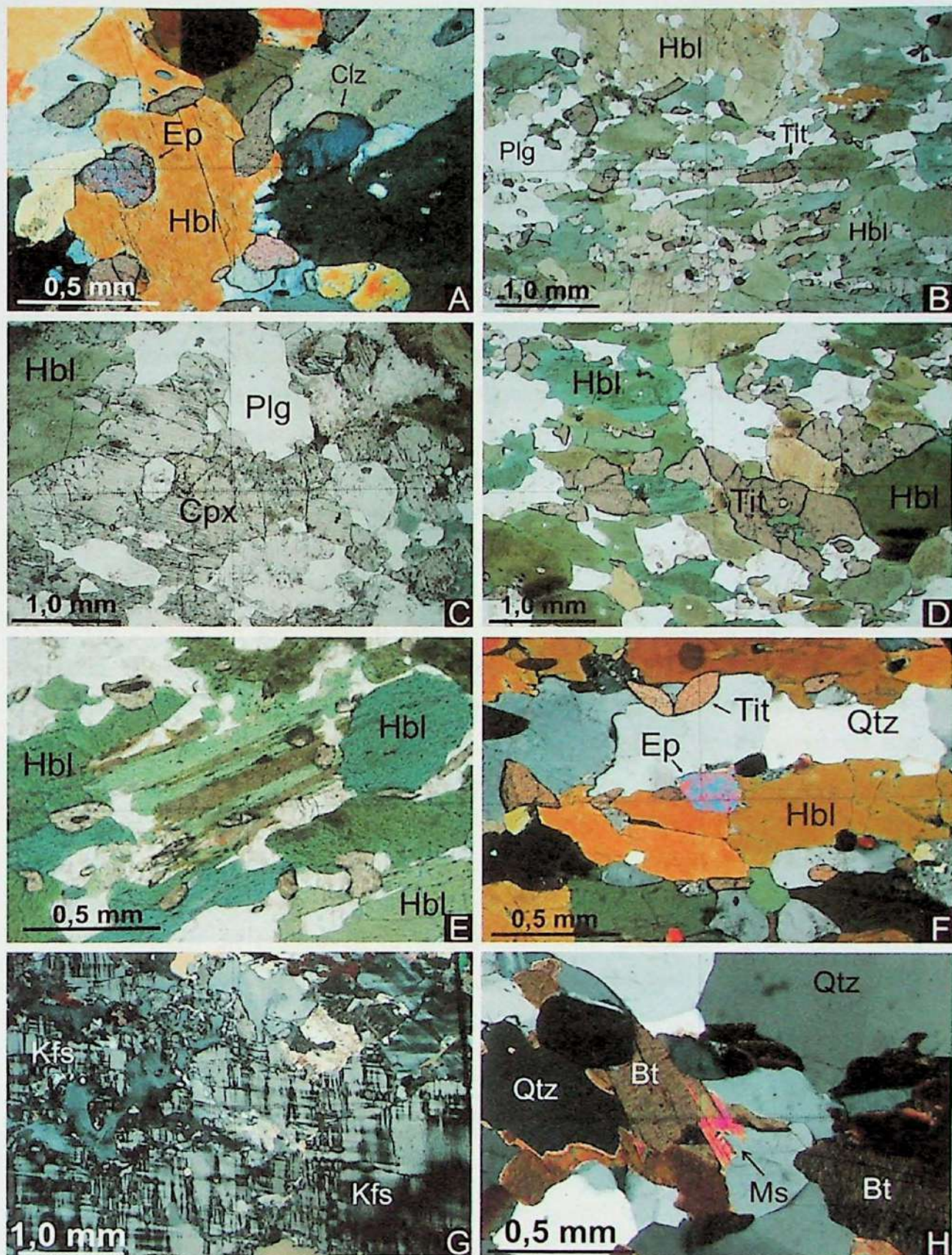
Os cristais de **muscovita** (14 % do volume da banda lepidoblástica) são bem mais raros que os grãos de biotita, mas geralmente ocorrem subidioblásticos. Em sua maioria estão associados aos cristais de biotita e ocorrem também na foliação principal quanto nas secundárias.

Os cristais de **clorita** (2 % do volume da banda lepidoblástica) ocorrem apenas associados aos cristais de biotita e muscovita e em pequenos volumes. Podem apresentar pleocroísmo acentuado do bege ao verde claro, mas também podem ocorrer cristais sem pleocroísmo aparente.

Os cristais de **apatita** (4 % do volume da banda lepidoblástica) ocorrem geralmente associados às bandas lepidoblásticas, mas podem ocorrer um ou outro cristal inserido na banda granoblástica. São grãos arredondados a ovais, incolores e com cor de birrefringência azul acinzentado.

Os cristais de **zircão** (< 1 % do volume da banda lepidoblástica) ocorrem geralmente inclusos nos grãos de biotita o que lhe confere aos pleocróicos mais escuros que a própria cor do mineral. Podem chegar a medir 1,0 mm.





**Figura 3.** (A) SNA-172 B: relação entre cristais de hornblenda, epidoto, clinzoisita e titanita (nicóis X); (B) SNA-172 B: textura geral da rocha (nicóis //); (C) SNA-172 C: os raros cristais de clinopiroxênio no anfibolito (nicóis //); (D) SNA-172 C: relação dos cristais de titanita e a foliação rica em hornblenda (nicóis //); (E) SNA-172 D: substituição de grão de hornblenda por biotita (nicóis //); (F) SNA-172 D: cristal de epidoto com birrefringência em "arco-íris" (nicóis X); (G) SNA-172 E': megacristal de feldspato potássico alterado (nicóis X); (H) SNA-172 E': grão de muscovita substituindo cristal de biotita (nicóis X).



**Muscovita-biotita-feldspato potássico-plagioclásio-quartzo xisto metatexitico**

Essa amostra apresenta duas porções distintas: leucossoma de composição quartzo-feldspática e mesossoma constituído de intercalações de bandas lepidoblásticas com bandas granoblásticas.

Leucossoma (30 % da lâmina)

O leucossoma apresenta 1,5 cm de espessura, textura granoblástica muito grossa e é composto principalmente por quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino, podendo ocorrer de forma rara cristais de muscovita e massas de carbonato.

Os cristais de **quartzo** (35 % em volume do leucossoma) chegam a medir até 5,0 mm e geralmente ocorrem de forma alongada. Geralmente apresentam extinção ondulante, trilhas de inclusões fluidas e pequenas fraturas. Suas bordas são irregulares e tortuosas. Pontualmente ocorrem mirmequitas.

Os cristais de **plagioclásio** (20 % em volume do leucossoma) ocorrem muito alterados, saussuritizados e irregulares e podem medir até 2,0 mm. Apresentam-se todos com a geminação Lei da Albita. Podem ocorrer inclusões de cristais de muscovita.

Os cristais de **feldspato potássico** (43 % em volume do leucossoma) são tão grandes quanto os grãos de quartzo, porém ocorre um único cristal com 9,0 mm de comprimento. Todos apresentam geminação em grade irregular e disforme e ocorrem um pouco menos alterados e saussuritizados que os grãos de plagioclásio. É comum a presença de muscovita em fraturas nos grãos de feldspato alcalino.

Os cristais de **muscovita** (2 % em volume do leucossoma) ocorrem de forma semelhante aos minerais carbonáticos, não ocorrendo cristais bem formados.

Mesossoma (70 % da lâmina)

O mesossoma é formado por intercalações não rítmicas de bandas granoblásticas quartzo-feldspáticas com bandas lepidoblásticas constituídas de biotita, muscovita, clorita, apatita, minerais opacos e zircão.

*Banda Granoblástica* (35 % do mesossoma)

Os cristais de **quartzo** (50 % em volume da banda granoblástica) apresentam-se geralmente com formatos alongados segundo a direção principal da própria banda, medem de 0,8 a 3,5 mm. Normalmente apresentam extinção ondulante e trilhas de inclusões fluidas, suas bordas em sua maioria são irregulares, sendo raras as bordas mais retilíneas. Podem ocorrer inclusões de pequenos grãos de biotita. Ocorrem mirmequitas de forma mais



abundante que no leucossoma, e também cristais arredondados, semelhantes a gotas, com 1,0 mm de espessura espalhados pela massa quartzo-feldspática da banda granoblástica.

Os cristais de **plagioclásio** (30 % em volume da banda granoblástica) são bem menores que os grãos de quartzo e medem em média 1,2 mm. Apresentam geminação Carls Bad e podem ou não ocorrerem saussuritizados. Suas bordas são bastante irregulares mas seus formatos tendem a ser mais regulares, ou seja, não são alongados.

Os cristais de **feldspato potássico** (20 % em volume da banda granoblástica) apresentam geminação em grade e raramente estão saussuritizados. Suas bordas são bastante irregulares e chegam a medir no máximo 3,0 mm, sendo mais comuns os grãos de 1,3 mm.

#### *Banda Lepidoblástica (65 % do mesossoma)*

Os cristais de **biotita** (72 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem tanto xenoblásticos de cor amarronzada com pleocroísmo imperceptível, quanto subidioblásticos com pleocroísmo fortíssimo do bege claro ao marrom avermelhado. Pode-se dizer que há três principais direções de crescimento desse mineral. A direção/foliação principal é marcada principalmente pelos cristais xenoblásticos, mas ocorrem também os idioblásticos. Já as outras duas direções, quase que ortogonais entre si e oblíquas em relação à primeira, são preferencialmente constituídas pelos cristais subidioblásticos.

Os cristais de **muscovita** (20 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem associados principalmente aos grãos de biotita da foliação principal, podendo ocorrer de forma mais rara, paralelos às foliações secundárias. Esses grãos normalmente são bem formados. Em raras partes da lâmina ocorrem cristais de minerais opacos associados aos de muscovita.

Os cristais de **apatita** (7 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem com formatos arredondados e ovais, e seguem a foliação principal da rocha.

Os cristais de **zircão** (1 % em volume da banda lepidoblástica) são bastante grossos, podendo medir até 1,5 mm. Geralmente ocorrem inclusos nos grãos de biotita, conferindo-lhes alos pleocróicos mais escuros.

Os cristais de **minerais opacos** (< 1 % em volume da banda lepidoblástica) são bastante raros, mas quando ocorrem, ocorrem associados ou inclusos nos grãos de muscovita.

### **SNA – 175**

#### **Granda-cianita-muscovita-biotita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico**

Essa amostra apresenta uma intercalação caótica entre bandas nemato-lepidoblásticas e bandas granoblásticas, ambas completamente descontínuas, irregulares e



disformes. Ocorrem também porfiroblastos de granada que geralmente estão associados às bandas micáceas.

#### Banda Granoblástica (40 % da lâmina)

A banda granoblástica é composta principalmente por quartzo e plagioclásio e ocorre de maneira completamente irregular quanto sua forma. Podem apresentar desde 0,9 a 2,0 mm de espessura, com cristais de quartzo e plagioclásio variando bastante de tamanho.

Os cristais de **quartzo** (60 % em volume da banda granoblástica) podem medir de 0,5 a 4,0 mm de comprimento, podem ocorrer grãos praticamente equidimensionais como também cristais com um eixo mais alongado, paralelo à direção das bandas. As bordas dos cristais são muito irregulares e em cúspide e lobados. A grande maioria dos grãos apresenta extinção ondulante, e muitos apresentam trilhas de inclusões fluidas.

Os cristais de **plagioclásio** (37 % em volume da banda granoblástica) não são tão comuns quanto os grãos de quartzo, porém são bem reconhecíveis, pois apresentam geminação Lei da Albita bastante proeminente e geralmente estão alterados e saussuritizados. Medem em média 0,9 mm, mas ocorre um único grão na lâmina com quase 10,0 mm de comprimento. Seus formatos são tão irregulares quanto os formatos dos grãos de quartzo, porém tendem a ser um pouco mais alongados e não apresentam bordas em cúspide e lobadas.

Podem ocorrer cristais de **muscovita**, **biotita** e **cianita** (3 % em volume da banda granoblástica) dispostos aleatoriamente na massa quartzo-feldspática, mas geralmente são raros e bem menores que os grãos desses minerais que ocorrer na banda nemato-lepidoblástica.

#### Banda Nemato-lepidoblástica (48 % da lâmina)

A banda nemato-lepidoblástica é constituída por biotita, muscovita, cianita, minerais opacos, apatita, estauroлита e zircão. São bandas bastante irregulares, mas seguem no geral uma direção preferencial, marcando desta forma a foliação principal da rocha.

Os cristais de **muscovita** (32 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são geralmente subidioblásticos, finos e bastante alongados, apresentando em média 2,0 mm de comprimento e 0,4 mm de largura. Esses grãos juntamente com os cristais de biotita e cianita marcam uma foliação principal, porém ocorrem cristais dispostos em outras direções, oblíquas à principal, mas que não é possível distinguir e destacar essas possíveis foliações secundárias. Podem apresentar inclusões de minerais opacos.

Os cristais de **biotita** (40 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem tanto xenoblásticos, com pleocroísmo fraco do laranja claro a um laranja um pouco mais forte, quanto idioblásticos com pleocroísmo do bege ao laranja. Podem apresentar inclusões de cristais de zircão, o que lhe conferem um alo pleocróico amarronzado, assim como



inclusões de minerais opacos. Como os grãos de muscovita, marcam uma foliação principal, mas também ocorrem orientados em outras direções.

Os cristais de **cianita** (27 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) estão geralmente sempre dispostos conforme a foliação, orientados juntamente com os grãos de biotita e muscovita. Apresentam em média 1,2 mm de comprimento e 0,25 mm de largura e são aparentemente todos idioblásticos. Na maior parte dos grãos é possível distinguir bem um plano de clivagem, já em outros esse plano não fica tão visível.

Os cristais de **estaurolita** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são bastante raros, ocorrem geralmente agrupados e medem em média 0,1 mm. Apresentam uma coloração amarela clara e não é possível distinguir facilmente o pleocroísmo.

Os cristais de **apatita** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são bastante raros também, ocorrem com formatos arredondados, incolores e com cor de birrefringência azul acinzentado.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) ocorrem geralmente inclusos em grãos de biotita, formando alos pleocróicos, e medem até 0,2 mm.

Os cristais de **minerais opacos** (1 % em volume da banda nemato-lepidoblástica) são em sua grande maioria finos e alongados, medindo em média 0,25 mm de comprimento e 0,02 mm de largura. Ocorrem espalhados aleatoriamente, porém orientados conforme a foliação e estão normalmente inclusos nos cristais de muscovita e biotita.

#### *Porfiroblastos (12 % da lâmina)*

Os porfiroblastos de **granada** (15 % em volume da lâmina) apresentam formatos de arredondados a compridos, orientados segundo a foliação. Medem de 0,75 a 2,0 mm. Quase que sem exceções, apresentam inclusões principalmente de quartzo, com formatos bastante arredondados, semelhantes a gotas, mas podem apresentar também inclusões de minerais opacos e zircão. Na maioria dos porfiroblastos a foliação interna não apresenta continuação ou ligação com a foliação externa, porém em um cristal específico a foliação apresenta um desenho semelhante a um "Z" com continuação aparente para a foliação externa.

### **SNA – 180 A**

#### **Muscovita quartzito**

Essa amostra apresenta textura granoblástica caracterizada por uma grande massa quartzítica com finos cristais de muscovita orientados segundo uma direção preferencial.

Os cristais de **quartzo** (95 % em volume da lâmina) em sua grande maioria são equidimensionais e medem em média 0,5 mm. Ocorrem alguns cristais um pouco maiores e alongados segundo um eixo principal, paralelos à direção de crescimento dos grãos de



muscovita. As bordas dos grãos são irregulares em cúspide e lobados em alguns locais. A grande maioria dos cristais apresenta extinção ondulante.

Os cristais de **muscovita** (5 % em volume da lâmina) são subidioblásticos com a presença de alguns xenoblásticos. Medem em média 0,5 mm de comprimento e 0,4 mm de largura. Estão todos orientados segundo o plano de foliação.

Ocorrem espalhados pela lâmina pequenos cristais de **zircão** que chegam a medir quase 0,1 mm.

## **SNA – 180 B**

### **Granada-biotita-muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-quartzo xisto porfiroblástico**

Essa amostra apresenta leitos lepidoblásticos de menos de 1,0 mm de espessura, completamente descontínuos e irregulares compostos principalmente por muscovita e biotita, intercalados caoticamente a leitos granoblásticos quartzo-feldspáticos um pouco mais espessos. Na lâmina ocorre um porfiroblasto de granada centimétrico, mas também ocorrem espalhados pequenos cristais.

#### **Bandas Granoblásticas** (51 % da lâmina)

As bandas granoblásticas são compostas de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio, assim como alguns grãos dispersos de mineral carbonático. A granulação varia pouco onde há predominância da intercalação de bandas, já nas proximidades do porfiroblasto de granada os cristais de quartzo tornam-se bem grossos.

Os cristais de **quartzo** (70 % em volume da banda granoblástica) quando próximos dos grãos de minerais micáceos, medem de 0,1 a 1,7 mm e quanto maior são os grãos mais irregulares são seus formatos. Uma grande parte apresenta trilhas de inclusões fluidas e extinção ondulante com fábrica de forma de subgrãos orientados aleatoriamente. Em alguns cristais ocorrem fraturas que aparentemente estão sendo preenchidas por material alaranjado, que provavelmente é biotita. Em locais mais pontuais da lâmina, assim como nas proximidades do porfiroblasto de granada, os grãos de quartzo são bem mais grossos chegando a medir até 4,0 mm, apresentam bordas tortuosas e irregulares, trilhas de inclusões fluidas, fraturas e também extinção ondulante.

Os cristais de **plagioclásio** (12 % em volume da banda granoblástica) apresentam uma granulação mais homogênea que os grãos de quartzo, medindo em média 0,75 mm. Não apresentam geminação Lei da Albita, mas ocorrem todos, sem exceções bem alterados.

Os cristais de **feldspato potássico** (15 % em volume da banda granoblástica) medem em média 0,7 mm, alguns estão bem alterados, semelhante aos grãos de



plagioclásio, já outros apresentam uma ou outra fratura. A geminação em grade é visível quando prestada certa atenção.

Os cristais de **carbonato** (3 % em volume da banda granoblástica) ocorrem dispersos tanto na massa quartzo-feldspática quanto nas bandas micáceas. São incolores e cor de birrefringência relativamente alta, mas não homogênea. Medem em média 1,0 mm.

#### Bandas Lepidoblásticas (30 % da lâmina)

As bandas lepidoblásticas são compostas principalmente de muscovita e biotita, mas ocorrem também grãos dispersos de apatita, epidoto, granada, mineral carbonático, zircão e clorita. Nessa porção ocorre também um porfiroblasto centimétrico de granada bem alterado.

Os cristais de **muscovita** (53 % em volume da banda lepidoblástica) são predominantemente subidioblásticos e medem de 0,4 a 1,6 mm de comprimento. É possível observar mais de uma direção preferencial de orientação desse mineral. Nos locais onde há contato de grãos de muscovita e de biotita, é possível dizer que a biotita está substituindo a muscovita.

Os cristais de **biotita** (25 % em volume da banda lepidoblástica) geralmente são menores que os de muscovita, medindo em média 1,0 mm, são tanto subidioblásticos quanto xenoblásticos. Apresentam pleocroísmo bem forte do bege ao marrom avermelhado e em alguns locais, levemente esverdeado. Assim como os grãos de muscovita, os cristais de biotita também apresentam mais de uma direção de orientação. Em alguns locais é possível observar halos pleocróicos gerados a partir da inclusão de cristais de zircão. Os grãos de biotita inclusos no porfiroblasto de granada estão sendo substituídos por clorita.

Os cristais de **clorita** (1 % em volume da banda lepidoblástica) são relativamente raros na lâmina, ocorrendo somente na alteração de grãos de biotita inclusos no porfiroblasto de granada. Apresentam pleocroísmo bem visível do bege esverdeado ao verde claro.

Os cristais de **granada** (3 % em volume da banda lepidoblástica) são relativamente raros na lâmina, são pequenos medindo em média 0,6 mm e podem apresentar tanto formatos mais arredondados com poucas inclusões até formatos mais alongados, com bordas completamente irregulares e cheios de inclusões de muscovita, biotita e quartzo.

Os cristais de **carbonato** (3 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem tanto nas bandas granoblásticas quanto nas bandas lepidoblásticas. São relativamente semelhantes aos grãos de muscovita por serem incolores, mas suas cores de birrefringências não são tão límpidas.

Os cristais de **apatita** (2 % em volume da banda lepidoblástica) apresentam formatos que variam de arredondados a ovais. São incolores e apresentam geralmente pequenas fraturas. Sua cor de birrefringência é azul acinzentado.



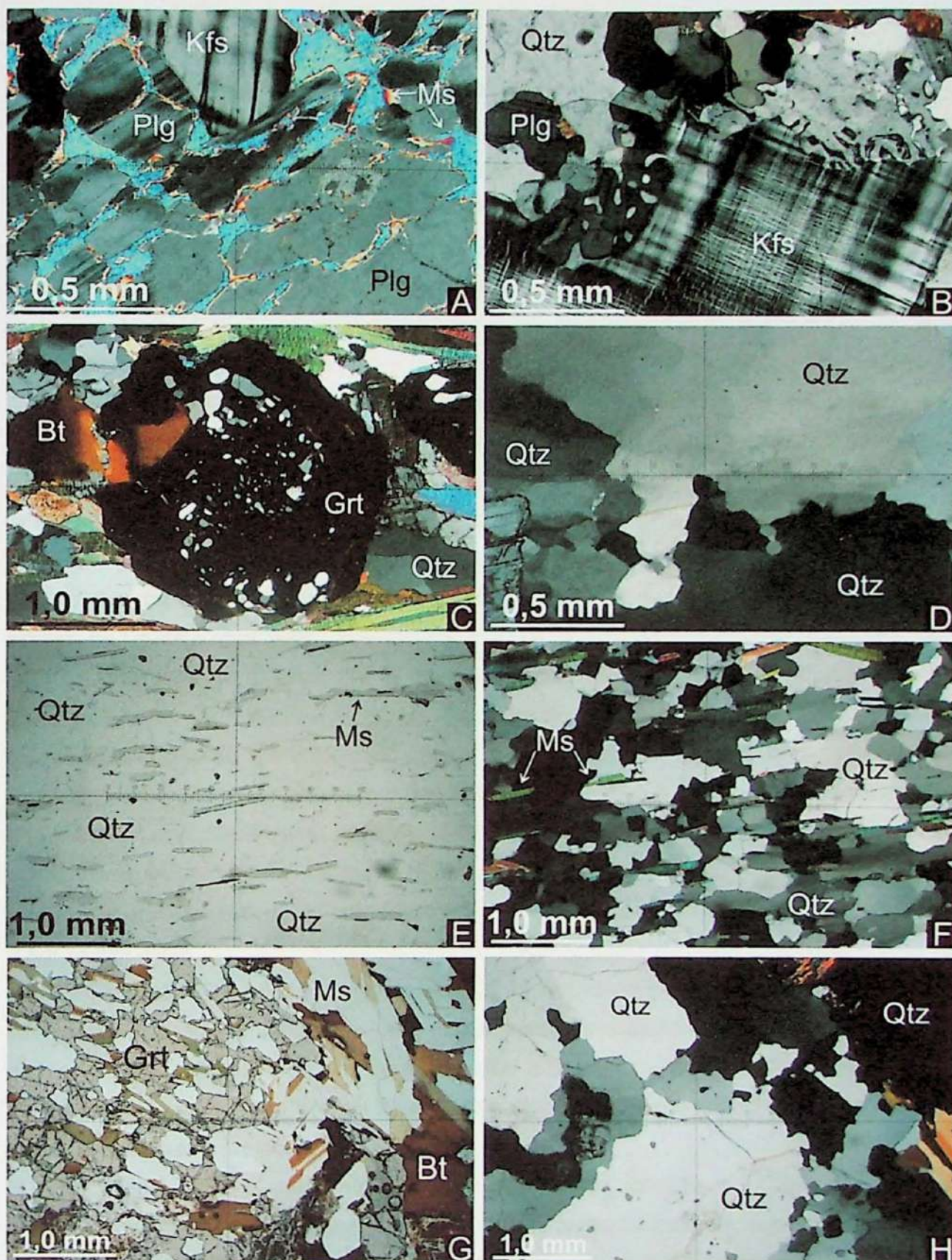
Os cristais de **clinozoisita** (3 % em volume da banda lepidoblástica) são relativamente raros na lâmina, são incolores e apresentam-se fraturados. A cor de birrefringência é azul *jeans*.

Os cristais de **zircão** (< 1% em volume da banda lepidoblástica) são raros e ocorrem geralmente inclusos nos grãos de biotita. Chegam a medir até 0,2 mm.

*Porfiroblasto de granada* (20 % da lâmina)

O porfiroblasto de **granada** mede 1,5 cm, porém ele está completamente alterado e com bordas completamente difusas. Ocorrem inúmeras inclusões de quartzo, biotita, clorita, muscovita.





**Figura 4.** (A) SNA-172 E'': crescimento de muscovita intersticial entre cristais de feldspato (nicóis X); (B) SNA-172 E'': mimetismo entre grãos de feldspato potássico e quartzo (nicóis X); (C) SNA-175: foliação interna formando um "Z" em cristal de granada (nicóis X); (D) SNA-175: contatos lobados entre grãos de quartzo (nicóis X); (E) SNA-180 A: textura geral da rocha, com grãos orientados de muscovita (nicóis //); (F) SNA-180 A: cristais de quartzo com contatos ameboides (nicóis X); (G) SNA-180 B: megacristal de granada completamente cheio de inclusões (nicóis //); (H) SNA-180 B: contatos entrecortados entre grãos de quartzo (nicóis X).



**Muscovita-plagioclásio-feldspato potássico-biotita-quartzo xisto metatexitico**

Essa amostra apresenta bolsões de textura granoblástica constituídos de quartzo e feldspato (leucossoma) envoltos por porções mais delgadas de textura lepidoblástica compostas preferencialmente de biotita e muscovita (melanossoma), com cristais, em menor quantidade, de apatita, minerais opacos e zircão.

Leucossoma (70 % da lâmina)

As porções granoblásticas apresentam formatos irregulares, mais parecidas com bolsões tortuosos de 0,3 a 1,5 cm de espessura, entre linhas micáceas também irregulares. Porém, em pequenas bandas intercaladas às bandas do melanossoma, ocorrem pequenos cristais na grande maioria de quartzo. Esses bolsões apresentam granulação geral que varia de média-grossa a grossa e são constituídos de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico. Alguns desses bolsões apresentam formatos semelhantes à sigmóides delimitados pelos cristais de biotita e muscovita.

Os cristais de **quartzo** (50 % em volume das porções granoblásticas) apresentam tamanhos que variam muito mais do que os grãos de feldspato, há uma grande população que mede em torno de 0,35 mm, porém ocorrem também cristais com até 4,0 mm. Praticamente todos os grãos apresentam trilhas de inclusões fluidas e geralmente ocorrem algumas fraturas. Quase sem exceções os grãos de quartzo possuem extinção ondulante aparentemente com fábrica de forma de subgrãos subparalelos. Os formatos são bastante irregulares, com bordas muito entrecortadas, mas quanto menor o grão mais a borda tende a ser homogênea.

Os cristais de **feldspato potássico** (27 % em volume das porções granoblásticas) ocorrem com geminação em grade bem visível, porém com as linhas um pouco irregulares e disformes. Medem de 0,5 a 2,5 mm e apresentam formatos um pouco mais regulares do que os grãos de quartzo, com bordas suavemente abauladas. Em alguns pontos da lâmina é possível observar a presença de mirmequitas.

Os cristais de **plagioclásio** (23 % em volume das porções granoblásticas) ocorrem quase todos bem alterados, saussuritizados e com bastante fraturas. A geminação Lei da Albita é presente em todos os grãos, porém podem ocorrer bem irregulares ou em alguns casos, com terminação em lança. Medem de 0,4 a 4,4 mm de comprimento e apresentam formatos que variam muito, desde mais arredondados a bem disformes com bordas tortuosas.

Melanossoma (30 % da lâmina)



As porções lepidoblásticas são predominantemente marcadas pelos cristais de biotita e muscovita com granulação não muito variável, mas também ocorrem espelhados, grãos de apatita, zircão e minerais opacos. Essas porções medem em média até 0,2 cm de espessura, são bastante irregulares, mas até que apresentam uma certa continuidade.

Os cristais de **biotita** (60 % em volume das porções lepidoblásticas) são predominantes nas bandas, e medem de 0,15 a 2,2 mm. São grãos em sua maioria subidioblásticos, com presença menos marcante de cristais xenoblásticos. Apresentam no geral pleocroísmo do bege claro ao marrom avermelhado e é muito comum inclusões de cristais de zircão gerando halos pleocróicos mais escuros. Os grãos de biotita, juntamente com os de muscovita, amoldam os bolsões quartzo-feldspáticos e, portanto mudam de orientação com certa constância, porém, nos locais onde as bandas micáceas tendem a ser mais retilíneas, é possível observar mais de uma orientação para esses grãos, sendo três as mais principais, e todas oblíquas entre si.

Os cristais de **muscovita** (30 % em volume das porções lepidoblásticas) são um pouco mais raros que os de biotita, e medem de 0,15 a 1,7 mm. Tendem a ser mais bem formados e aparentemente cresceram sobre os grãos de biotita. Ocorrem também em mais de uma direção de orientação. Em alguns locais, os cristais de muscovita ocorrem como agulhas finas. É possível observar que os minerais opacos ocorrem também na forma de agulhas, sempre associados aos grãos de muscovita.

Os cristais de **apatita** (4 % em volume das porções lepidoblásticas) ocorrem distribuídos aleatoriamente nas bandas lepidoblásticas, geralmente inclusos nos cristais de biotita, com formatos geralmente de arredondados a ovais medindo em média 0,15 mm.

Os cristais de **zircão** (1 % em volume das porções lepidoblásticas) ocorrem quase que inteiramente inclusos nos grãos de biotita, conferindo-lhes halos pleocróicos em tons escuros. Chegam a medir até 0,15 mm.

Os cristais de **minerais opacos** (5 % em volume das porções lepidoblásticas) ocorrem com formatos de agulhas, sempre associados/inclusos nos grãos de muscovita e estão orientados paralelos às clivagens da mica.

## SNA – 197

### (Cianita)-granada-biotita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto

Essa amostra apresenta intercalações irregulares e descontínuas entre bandas lepidoblásticas e bandas granoblásticas, com presença não muito comum de porfiroblastos de granada. É possível notar que as bandas não se encontram retilíneas e sim tortuosas em alguns pontos.

#### Banda Granoblástica (65 % da lâmina)



A banda granoblástica é constituída por quartzo e plagioclásio e variam enormemente quanto à sua granulação e formato. A espessura dessas bandas é muito irregular e em alguns locais não é possível determinar seus limites. Em alguns pontos é possível dizer que a banda apresenta 6,0 mm de espessura.

Os cristais de **quartzo** (85 % em volume da banda granoblástica) apresentam formatos completamente irregulares, com bordas muito tortuosas e abauladas, cheias de reentrâncias. A maior parte deles, para não dizer todos, apresenta extinção ondulante que destacam fábrica de formas orientada em direções distintas em cada cristal. A granulação é bastante variável, ocorrendo grãos com 0,1 mm até 2,8 mm e que nem sempre estão com seus eixos maiores orientados segundo a direção preferencial da banda. Em locais pontuais a densidade de cristais finos é grande, estes tendem a apresentar formatos mais regulares e extinção um pouco mais homogênea. Próximo a essas regiões ocorrem leitos de grãos de muscovita muito finos, decussados e que apresentam continuação com a banda lepidoblástica.

Os cristais de **plagioclásio** (15 % em volume da banda granoblástica) são bem mais raros do que os de quartzo, ocorrendo geralmente isolados na massa quartzosa. Todos, sem exceções, ocorrem muito alterados o que dificulta a observação da geminação Lei da Albita. Estes cristais apresentam formatos mais regulares, arredondados e podem apresentar inclusões de quartzo. Medem de 0,15 mm a 2,2 mm.

#### Banda Lepidoblástica (45 % da lâmina)

A banda lepidoblástica é constituída principalmente por muscovita e biotita, mas ocorrem juntamente minerais opacos, apatita, zircão, cianita e os porfiroblastos de granada. Geralmente essas bandas são menos espessas que as bandas granoblásticas, medindo em média 2,0 mm.

Os cristais de **muscovita** (42 % em volume da banda lepidoblástica) são geralmente subidioblásticos e ocorrem quase que inteiramente orientados, podendo ocorrer alguns em outras orientações. Medem em média 1,3 mm. Eventualmente é observável a presença de inclusões de minerais opacos e de zircão, e geralmente ocorrem texturas de substituição de muscovita por biotita.

Os cristais de **biotita** (31 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem em granulações um pouco mais finas, medindo em média 1,0 mm. Esses cristais são tanto xenoblásticos quanto subidioblásticos, sendo que estes últimos apresentam pleocroísmo facilmente visível do bege claro ao laranja amarronzado. Eventualmente ocorrem inclusões de cristais de minerais opacos e de zircão, o que conferem aos grãos de biotita um halo pleocróico em tons escuros. É possível observar que em geral os grãos estão orientados, porém ocorrem cristais, geralmente um pouco mais finos, em outras direções.



Os cristais de **apatita** (1 % em volume da banda lepidoblástica) são raros na lâmina, ocorrem sempre em formatos ovais e medem em média 0,2 mm.

Os cristais de **cianita** (3 % em volume da banda lepidoblástica) são relativamente raros, ocorrem relacionadas aos grãos de biotita, com faces relativamente deformadas, porém é possível observar uma direção de clivagem. Medem em média 0,45 mm.

Os cristais de **zircão** (< 1 % em volume da banda lepidoblástica) são mais observados inclusos nos grãos de biotita, gerando halos pleocróicos escuros. Chegam a medir quase 0,1 mm.

Os cristais de minerais **opacos** (6 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem distribuídos na lâmina, com maior volume nas bandas lepidoblásticas. Na maior parte apresentam formatos prismáticos finos e alongados, medindo em média 0,3 mm, ocorrendo agrupados quase que fibro-radiados.

Os cristais de **rutilo** (2 % em volume da banda lepidoblástica) ocorrem associados (inclusos ?) nos grãos dos minerais opacos, porém é possível distingui-los pela coloração levemente amarronzada do rutilo.

#### *Porfiroblastos* (10 % em volume da banda lepidoblástica)

Os porfiroblastos de **granada** não são muito comuns, ocorrendo sempre onde a foliação lepidoblástica é mais rica em biotita e um pouco mais espessa. Ocorrem com basicamente em duas famílias (em relação ao formato/quantidade de inclusões): em uma, a mais abundante, os grãos apresentam formatos bastante irregulares, bordas corridas, fraturados, com inclusões de minerais opacos, rutilo, quartzo, plagioclásio e eventualmente biotita. Essa foliação interna, gerada pelas inclusões, não apresenta qualquer vínculo com a foliação externa. Chegam a medir até 2,0 mm de diâmetro; na outra, os cristais são praticamente límpidos, com raras inclusões e levemente fraturados, tais grãos apresentam 1,4 mm de diâmetro.

### **SNA – 201 A**

#### **Granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico (Xisto Santo Antônio)**

A rocha apresenta duas texturas principais, uma é granoblástica predominantemente presente no leucossoma, constituído quase que inteiramente por quartzo, com a presença de poucos cristais de plagioclásio e biotita. A outra textura é grano-lepidoblástica, está presente na maior parte da lâmina e é constituída por biotita, plagioclásio, quartzo, opacos, apatita, zircão, sillimanita, cianita, rutilo e porfiroblastos de granada.

#### Leucossoma (30 % da lâmina)



O leucossoma apresenta aproximadamente 1,0 cm de espessura composto quase que inteiramente por grandes grãos de quartzo de granulação grossa a muito grossa e textura granoblástica. O contato dessa porção da rocha com a porção mais homogênea em textura tende a ser levemente abrupto em algumas regiões e em outras, mais gradual.

Os cristais de **quartzo** (90% do volume do leucossoma) apresentam formas completamente irregulares, com bordas em cúspide e lobadas. A maior parte dos grãos, para não dizer todos, apresenta extinção ondulante, com tendência a geração de subgrãos paralelos à fábrica de forma dos cristais originais. O tamanho varia de 0,25 mm a 3,0 mm. Uma grande parte dos cristais apresentam trilhas de inclusões fluidas e pode ocorrer, de forma rara, inclusões de grãos de biotita xenoblásticas, com bordas difusas e pleocroísmo quase que imperceptível.

Os cristais de **plagioclásio** (9% do volume do leucossoma) que ocorrem no leucossoma são bem menores que os cristais de quartzo, medindo em torno de 0,6 mm e não apresentam bordas tão irregulares, tendendo todos a bordas mais uniformes. Todos os grãos apresentam-se geminados e saussuritizados e um ou outro apresenta geminação com terminação em lança quase que imperceptível.

Os cristais de **biotita** (1% do volume do leucossoma) em sua grande maioria são xenoblásticos, com bordas difusas, pleocroísmo inexistente e ocorrem no contato entre os grãos de quartzo ou inclusos neles.

#### Mesossoma (70 % da lamina)

A textura mais homogênea, com quantidades parecidas de cristais de minerais distintos (quartzo, feldspato, micas...), foi considerada como sendo mesossoma. Essa porção constitui a maior parte da lâmina, apresenta granulação média e textura grano-lepidoblástica com porfiroblastos de granada.

Os cristais de **biotita** (28% do volume do mesossoma) apresentam pelo menos duas gerações distintas, a primeira é xenoblástica com pleocroísmo incipiente, os grãos tendem a ser um pouco mais grossos medindo de 0,2 mm a 2,0 mm, a segunda é sub-idioblástica com pleocroísmo bem visível do bege ao laranja e geralmente são um pouco mais finos que os grãos menos bem formados. Aparentemente os cristais xenoblásticos não marcam uma foliação proeminente, já alguns cristais subidioblásticos orientados de forma subparalela tendem a formar uma foliação, mas que também não é bem marcada justamente pela distância de ocorrência desses grãos. Ocorrem normalmente nos grãos de biotita inclusões de cristais de zircão, que geram alos pleocróicos em tons de marrom.

Os cristais de **quartzo** (13% do volume do mesossoma) que ocorrem no mesossoma são bem menores que os que ocorrem no leucossoma, medindo de 0,1 mm a 1,0 mm. Os formatos dos cristais maiores tendem a ser mais regulares, enquanto que os cristais



menores tendem a apresentar bordas mais sinuosas. Todas as granulações dos grãos de quartzo apresentam extinção ondulante, salvo poucas exceções.

Os cristais de **plagioclásio** (35% do volume do mesossoma) apresentam-se todos geminados, mesmo que em alguns casos a geminação seja quase que imperceptível. Raros cristais apresentam geminação com terminação em lança. Eles medem em média 1,0 mm, geralmente estão todos saussuritizados e podem apresentar inclusões de pequenos cristais de biotita. É possível observar que entre alguns contatos dos grãos de plagioclásio encontram-se pequenos cristais prismáticos de sillimanita bem finos.

Os cristais de **granada** (12% do volume do mesossoma) ocorrem na forma de porfiroblastos de até 2,2 mm, com formatos geralmente arredondados e, sem exceções, com muitas inclusões de plagioclásio, quartzo, biotita, apatita, rutilo, muscovita e opacos. Não há correlação aparente entre a foliação interna e a externa.

Os cristais de **apatita** (4 % do volume do mesossoma) ocorrem no corte basal, os cristais apresentam-se um pouco mais grossos, medindo em média 0,3 mm e com formato oval.

Os cristais de **sillimanita** (2 % do volume do mesossoma) são muito comuns na lâmina principalmente de forma intersticial entre os cristais de plagioclásio, ocorrem como grãos bem finos, medindo 0,05 mm, ocorrem também, em duas porções, marcando a foliação e moldando um porfiroblasto de granada com cristais bem finos e prismáticos, já na outra eles ocorrem na forma de um aglomerado de cristais decussados.

Os cristais de **cianita** (1 % do volume do mesossoma) são xenoblásticos e muito raros na lâmina. Apresentam formato totalmente irregular, com bordas arredondadas.

Os cristais de **zircão** (< 1 % do volume do mesossoma) ocorrem em todas as partes da lâmina principalmente inclusos nos cristais de biotita, quando isso ocorre, é gerado aos pleocróicos de cor mais escura.

Os cristais de **clorita** (< 1 % do volume do mesossoma) são muito raros, ocorrem apenas relacionados aos cristais de biotita.

Os cristais de **rutilo** (< 1% do volume do mesossoma) são raros e ocorrem associados aos cristais de granada. Apresentam cor marrom escuro e medem em média 0,12 mm.

Os cristais de **minerais opacos** (5 % do volume do mesossoma) ocorrem dispersos no mesossoma, mas geralmente associados aos cristais de biotita, normalmente não apresentam formato regular.

#### SNA – 201 B

#### Granada-biotita-plagioclásio-quartzo xisto porfiroblástico (Xisto Santo Antônio)



Esse xisto não apresenta uma foliação proeminente e o leucossoma encontra-se perdido no meio de uma massa de composição mineralógica homogênea. A granulação geral da rocha é média ocorrendo também porfiroblastos de granada. A rocha é constituída de quartzo, plagioclásio, biotita, granada, sillimanita, clorita, rutilo, zircão, opacos, apatita. O mesossoma representa 80% da lâmina sobrando assim aproximadamente 20% para leucossoma

#### Leucossoma (20 % da lâmina)

Essa porção da rocha apresenta granulação média-grossa e é composta de quartzo, plagioclásio e pouquíssimos cristais de biotita. O leucossoma mede em média 3,5 mm de espessura e apresenta textura granoblástica.

Os cristais de **quartzo** (85 % do volume do leucossoma) em sua maioria são grossos chegando a medir 2 mm, mas ocorrem também pequenos cristais de 0,2 mm. Todos os grãos apresentam extinção ondulante e bordas bastante irregulares, alguns cristais apresentam extinção ondulante na forma de sub-grãos compridos e retilíneos e que aparentemente estão paralelos entre si nos diferentes cristais. Em alguns grãos ocorrem trilhas de inclusões fluidas.

Os cristais de **plagioclásio** (14 % do volume do leucossoma) são muito menores que os de quartzo e medem em média 0,4 mm. Todos apresentam-se geminados e seus formatos são um ligeiramente mais regulares que os formatos dos grãos de quartzo, podendo haver poucas exceções nas quais é possível observar bordas um pouco onduladas. Não é muito comum encontrar grãos de plagioclásio saussuritizados.

Os cristais de **biotita** (1 % do volume do leucossoma) são muito raros e todos xenoblásticos, com bordas difusas e pleocroísmo quase inexistente. Geralmente eles ocorrem nos contatos entre os cristais granoblásticos e quase nunca inclusos em algum grão.

#### Mesossoma (80 % da lâmina)

Essa porção da rocha apresenta textura grano-lepidoblástica, porém os cristais de biotita não definem muito bem uma foliação contínua. A granulação geral é média e a composição é constituída por: quartzo, plagioclásio, biotita, granada, sillimanita, clorita, rutilo, apatita, zircão e opacos.

Os cristais de **biotita** (32 % do volume do mesossoma) em sua maioria são xenoblásticos, ocorrendo de forma rara grãos sub-idioblásticos. Conforme os cristais são mais bem formados o pleocroísmo é mais visível. Não é possível dizer se ocorrem duas ou mais foliações.

Os cristais de **quartzo** (20 % do volume do mesossoma) são bem menores do que aqueles que ocorrem no leucossoma e medem em média 0,6 mm. No mesossoma eles



tendem a apresentar formatos mais regulares, mas a presença de extinção ondulante permanece. Os cristais de quartzo são muito mais raros que os grãos de plagioclásio nessa porção da rocha.

Os cristais de **plagioclásio** (25 % do volume do mesossoma) apresentam-se todos geminados, com formatos mais regulares e bordas levemente onduladas. Esses grãos medem em média 0,9 mm e apresentam-se mais saussuritizados dos que os cristais presentes no leucossoma. É observável grãos com geminação com terminação em lança.

Os cristais de **clorita** (< 1 % do volume do mesossoma) são raros, ocorrem sempre associados aos grãos de biotita, são xenoblásticos e apresentam pleocroísmo razoável.

Os cristais de **apatita** (2 % do volume do mesossoma) ocorrem em dois formatos: ovais (corte basal) e prismáticos. No corte basal, os grãos apresentam-se levemente fraturado, com cor de birrefringência cinza escuro e medem em média 0,3 mm. Já os cristais com formatos prismáticos são muito finos e ocorrem entre os contatos dos cristais granoblásticos.

Os cristais de **granada** (15 % do volume do mesossoma) ocorrem como porfiroblastos e cheios de inclusões de quartzo, plagioclásio, rutilo, minerais opacos, clorita e biotita. Nesses grãos não é possível afirmar uma relação entre a foliação interna e a foliação externa. Os cristais de granada chegam a medir 2,3 mm. Em volta de alguns grãos é possível observar os cristais de biotita, clorita ou sillimanita amoldando-os.

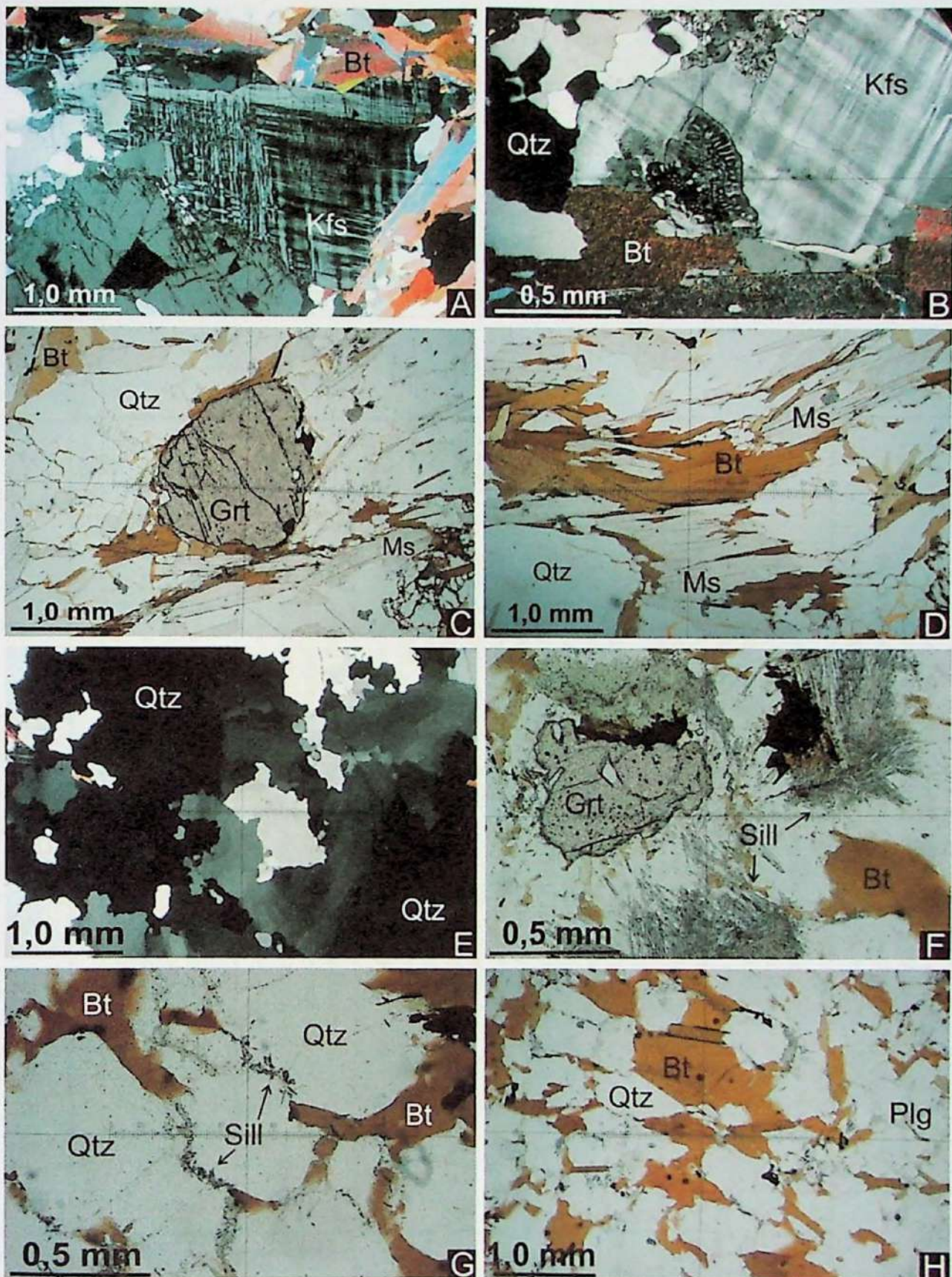
Os cristais de **sillimanita** (5 % do volume do mesossoma) não são muito comuns na lâmina, ocorrendo de formas pontuais. Eles formam aglomerados de pequenas agulhas finas e em alguns deles os grãos encontram-se decussados e não orientados.

Os cristais de **rutilo** (1 % do volume do mesossoma) ocorrem geralmente associados aos porfiroblastos de granada, apresentam cor marrom escuro e normalmente apresentam formato alongado.

Os cristais de **zircão** (< 1 % do volume do mesossoma) ocorrem em sua maioria inclusa nos grãos de biotita formando dessa alos pleocróicos e são bastante comuns na lâmina.

Os cristais de **minerais opacos** (% do volume do mesossoma) são comuns na lâmina e ocorrem de maneira dispersa. Geralmente os formatos são alongados e ocorrem associados aos grãos de biotita.





**Figura 5.** (A) SNA-182: grande cristal de feldspato potássico (nicóis X); (B) SNA-182: mirmecita entre grãos de feldspato potássico e quartzo (nicóis X); (C) SNA-197: grão de granada envolto pela foliação externa (nicóis //); (D) SNA-197: foliação marcada por grãos de muscovita e biotita (nicóis //); (E) SNA-201 A: contato amebóide entre cristais de quartzo (nicóis X); (F) SNA-201 A: aglomerados de cristais decussados de sillimanita (nicóis //); (G) SNA-201 B: pequenos cristais de sillimanita crescidos nos contatos entre grãos de quartzo (nicóis //); (H) SNA-201 B: textura geral da rocha (nicóis //).



## 2. TABELA DE PONTOS

Ponto	UTM_E	UTM_N	Município	Descrição	Foliação	Lineação	Rocha	Unidade
SNA-168	524541	7575493		Rutilo-ky-grt xisto de granulação média-grossa aflorando na forma de blocos e pequena laje junto com blocos de uma rocha rica em Fe, Grt e Anf. O Grt-anf fels apresenta densidade muito alta (seria hidrotermalismo? O anf substitui px de um eclogito? Parece um BIF: muita grt, qtz e anf).			Rutilo-ky-grt Xisto e Grt-anf Fels	Nappe Liberdade
SNA-169 a	574785	7588013	Arantina-Andrelândia	Rocha de granulação média, bastante micácea e com níveis descontínuos de ky tanto incolor azulada. Os cristais de grt são bem arredondados mas bem pequenos e de coloração lilás (+ Mg?). Alteração amarelo/esverdada nos planos da foliação.	80/35	Lmin 53/30	Grt-ky Xisto com turmalina	Nappe Liberdade
SNA-169 b	574785	7588013	Arantina-Andrelândia	Mesma rocha do anterior com presença de turmalinitos. <b>Obs1.</b> Conforme a rocha fica mais xistosa os cristais de turmalina ficam mais espaçados. <b>Obs2.</b> Presença de filão de qtz em uma pequena zona de cisalhamento na qual rompe um flanco de dobra próximo à charneira, com foliação sub-vertical. Abaixo do filão a foliação encontra-se sub-horizontal. <b>Obs3.</b> A geração desses turmalinitos se deu a partir de processos hidrotermais endógenos sin/pós metamórficos, pois ainda se encontra cristais de grt junto ao turmalinito e concentrados de qtz. <b>Obs4.</b> Ocorrem também cristais bem mais grossos de plg na forma de indicadores cinemáticos; em algumas porções ocorrem concentrações desses cristais que chegam a medir atpe 3,0 cm.	127/70 123/72 114/69 116/84 112/46 107/24 106/34 81/34 357/74 38/30 317/25 352/73 97/26		Grt-ky Xisto com turmalina	Nappe Liberdade
SNA-170	576172	7583968	Arantina-Andrelândia	Blocos soltos no chão de rocha calciossilicática jogados ali provavelmente por causa da abertura do túnel da ferrovia. Rocha aparentemente maciça, sem foliação proeminente, cor cinza claro com porções/bolões/veios de quartzo grosso manteados por concentrações de bt grossa (melanossoma). Esses bolsões são decimétricos, e as concentrações de bt medem 2,0 cm de espessura.			Cpx-bt-qtz Gnaíse Calciossilicático	Nappe Liberdade
SNA-171	576340	7583038	Arantina-Andrelândia	Rocha alterada, bem foliada e de granulação média-fina. Ocorrem bolsões de leucossoma com ky. <b>Obs.</b> Para gerar ky no leucossoma (durante a fusão) é necessário passar a isógrada de quebra da ms: ms --> ky + kfs. Porém essas rochas não tem Kfs.	70/17 45/05 15/20 65/15	Lky 60/03 55/02	Ky-ms-qtz Xisto	Nappe Liberdade



SNA-172	577066	7580288	Arantina-Andreândia	<p>Contato do anfibolito com gnaiss. Gnaiss bandado com concentrados de minerais máficos e bolsões de st (?). Ocorrem alguns leitos centimétricos ricos em mica grossa. Contatos bem marcados entre o gnaiss e o anf, retílineos e sub-horizontais.</p> <p><b>Obs1.</b> No leucossoma do gnaiss ocorrem cristais de até 1,0 cm de grt, assim como concentrados de bt. <b>Obs2.</b> Boudins assimétricos de leucossoma indicando movimentação para N. <b>Obs3.</b> Há uma repetição vertical de anfibolito e gnaiss. <b>Obs4.</b> Em uma porção do afloramento ocorre um ky-grt-bt-ms xisto de granulação média-fina, bastante quartzoso.</p>	<p>90/40 90/60 92/80 78/33 <b>Obs.: PA</b> 270/35</p>	<p><b>LB (Lint)</b> 165/12 005/05 175/05</p>	<p>Anfibolito e Plg-ms Metatexito</p>	<p>Nappe Liberdade</p>
SNA-173	536718	7566433	Aiuruoca	<p>Grt-ky-qtz xisto de granulação média, bastante alterado mas ainda é facilmente visível os cristais de qtz, ky e ms. Alteração cor vermelha/roxa (tijolo). <b>Obs.</b> Cristais de ky orientados.</p>	<p>160/40 165/30 165/45</p>	<p><b>Lky</b> 70/00 250/03</p>	<p>Grt-ky-qtz Xisto</p>	<p>Nappe Liberdade</p>
SNA-174	535339	7566537	Aiuruoca	<p>Rocha composta por grt e qtz (tica em sílica) de granulação fina. O qtz provavelmente foi precipitado (vulcânica exalativa ?). Alteração com capa de Mn provavelmente por causa da grt (espessartita?). Essa rocha apresenta-se encaixada em um grt-qtz xisto de granulação fina-média, muito alterado e com cristais de grt que variam de &gt; 1mm a 3mm.</p>			<p>Gondito</p>	<p>Nappe Liberdade</p>
SNA-175	535138	7566390	Aiuruoca	<p>Ms quartzito fino relativamente alterado, no chão e no corte de estrada. Ocorre junto a um bloco de um grt-ky-qtz xisto de granulação média. <b>Obs.</b> Esse quartzito ocorre como uma lente métrica intercalada no xisto.</p>	<p>194/18 174/26 164/20</p>		<p>Ms Quartzito e Grt-ky-qtz Xisto</p>	<p>Nappe Liberdade</p>
SNA-176	534826	7566191	Aiuruoca	<p>Grt-qtz xisto porfiroblástico com porfiroblastos de grt de 1,5 cm com sombras de pressão de qtz e ribbons de qtz. Algumas porções da rocha apresentam-se mais quartzosas (qtz xisto) enquanto que em outras a rocha pe mais micácea e com ky. <b>Obs1.</b> Presença de crenulação onde é possível observar os cristais de ms alinhados junto à crenulação, no plano da foliação. <b>Obs2.</b> Lentes de ~50cm de alteração ocre -&gt; metamáfica.</p>	<p>182/15 190/12</p>	<p><b>Lmin</b> 250/05 <b>Lcr</b> 272/00</p>	<p>Grt-qtz Xisto Porfiroblástico</p>	<p>Nappe Liberdade</p>
SNA-177a	534555	7565937	Aiuruoca	<p>Gondito (espessartita quartzito ou qtz espessartito) rica em grt e qtz de granulação fina e com capa de alteração de Mn. <b>Obs1.</b> Gênese: vulcânica exalativa como os depósitos de Mn de mar profundo. <b>Obs2.</b> Afloramento métrico entre um xisto de granulação fina.</p>	<p>140/22 140/24</p>	<p><b>LB</b> 85/10</p>	<p>Gondito</p>	<p>Nappe Liberdade</p>



SNA-177b	534555	7565937	Aiuruoca	Sobre a camada métrica do 177a encontra-se o xisto porfiroblástico com porções ora mais quartzosas ora mais micáceas. Há alta densidade de porfiroblastos de grt de até 2,0 cm e de ky chegando a medir até 1,5 cm. <b>Obs.</b> Ocorrem concentrados de qtz e plg paralelos aos cristais de ky.	140/22 180/15 124/01 145/23	LB 85/10 90/00 Lky 73/00 Lint 68/00	Grt-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-178	534363	7565779	Aiuruoca	Grt-ky-qtz xisto porfiroblástico e bastante micáceo de granulação média.	200/08 190/08	LB 260/02 Lky 240/04	Grt-ky-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-179	534204	7565552	Aiuruoca	Grt-ky-qtz xisto porfiroblástico com muita grt que varia de poucos milímetros a ~1,5cm. Geralmente os cristais de ky são finos, mas podem ocorrer cristais de ~1,5cm, às vezes gerando locais com alta densidade desses cristais. <b>Obs.</b> Ocorrem dobras intrafoliais de intercalação centimétrica de quartzito no xisto. LB2 = eixo de dobra intrafolial da D2.	268/06 246/00 170/10 137/15	Lmin 264/02 LB (cr) 78/00 LB2 90/10	Grt-ky-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-180	532280	7564361	Aiuruoca	Ms quartzito/quartzito micáceo fino, bem recristalizado, com alteração de cor avermelhada provavelmente por causa de Fe de magnetita/hematita. Ocorrem leitos mais xistosos com porfiroblastos de grt. Na base: um grt-plg-qtz xisto porfiroblástico de granulação média-grossa com porfiroblastos de grt. Ocorrem leucossomas de plg com formatos sigmoidais manteados por cristais de bt. <b>Obs.</b> Para os cristais de plg ficarem tão grossos é necessário ++ T.	102/23 115/25 135/35 135/35	Lqtz 80/20 77/15	Ms Quartzito e Grt-plg-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-181	531620	7562812	Aiuruoca	Grt-qtz xisto porfiroblástico com porfiroblastos de grt de > 0,5 cm. Granulação média, com bastante bt e com leucossoma em formatos sigmoidais. <b>Obs.</b> Esse xisto ocorre na base de lentes quartzíticas, daqui pra cima ocorrem três camadas de quartzito.			Grt-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-182	531322	7562316	Aiuruoca	Bt-qtz xisto metatexitico com leucossomas em formatos sigmoidais de tamanhos centimétricos a decimétricos.	43/10	LB 60/15	Bt-qtz Xisto Metatexitico	Nappe Liberdade
SNA-183	531208	7562277	Aiuruoca	Ms-bt-qtz xisto (gnaiss) de granulação média-fina, com mais ms que nos pontos anteriores. O leucossoma qui está mais pretuberante.	80/23 352/10 337/07	LB 65/20 Lint 230/10 246/03	Ms-bt-qtz Xisto	Nappe Liberdade



SNA-184	531165	7562285	Aiuruoca	Contato do xisto descrito no 183 com o grt-ky-qtz xisto porfiroblástico. Rocha de granulação média com porfiroblastos de grt > 1 cm, de aspecto mais homogêneo -> sem muito leucossoma aparentemente. Obs. Intercalações decimétricas de quartzo de granulação média, no qual ocorrem cristais de grt próximos aos contatos.	62/20	Lms 55/18	Grt-ky-qtz Xisto Porfiroblástico e Ms-bt-qtz Xisto	Nappe Liberdade
SNA-185	532004	7563714	Aiuruoca	Quartzito fino-médio dobrado no chão da estrada.	55/23 65/23 80/28 110/10	LB 55/23 63/20 60/20 63/08 75/08	Quartzito	Nappe Liberdade
SNA-186	532028	7563115	Aiuruoca	Lajes de quartzito micáceo da intercalação com o xisto (uma das três camadas). Zona de charneira da dobra junto com o embasamento. Obs. O xisto da intercalação: ky-grt-bt-ms-qtz xisto porfiroblástico com grt de até 2cm.	32/16 33/18 30/15	LB (mull) 92/09 90/09 80/10	Quartzito Micáceo e Ky- grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-187	531987	7563028	Aiuruoca	Ky-grt-bt-ms-qtz xisto porfiroblástico.	67/15 55/13 58/14 55/23	LB 90/05 Lky 129/09 73/20 122/00	Ky-grt-bt-ms- qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-188	531816	7562782	Aiuruoca	Novamente a camada de quartzito.	50/15 56/13 54/16 59/16 60/20 55/30 70/25 70/20	Lms 88/14 Lky 40/05 53/20 60/05 LB (mull) 88/16 94/14 88/15 100/15 95/10	Quartzito Micáceo	Nappe Liberdade



SNA-189	531731	7562691	Aiuruoca	Grt-ky-bt-ms-qtz xisto porfiroblástico com cristais de grt não > 1,0 cm.	55/14 41/17 44/10 44/18 36/13	Lms 70/18 89/07 74/16 96/09	Grt-ky-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-190	531626	7562383	Aiuruoca	Terceira camada (a do topo) de quartzito micáceo da intercalação com o xisto.	82/13 80/14 78/10 64/10 43/15 80/15	Lms 88/10 76/08 Mull (qtz) 90/02	Quartzito Micáceo	Nappe Liberdade
SNA-191	531655	7562335	Aiuruoca	Contato gradacional do quartzito micáceo da camada superior para o xisto. DO ponto anterior até aqui predomina o quartzito, daqui pra frente predomina o xisto.	50/10 75/20	Mull (qtz) 87/05 LB 85/18	Quartzito Micáceo e Ky-grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-192	531750	7562212	Aiuruoca	Topo da barra de quartzito. Presença de alguns porfiroblastos centimétricos de grt.			Quartzito Micáceo	Nappe Liberdade
SNA-193	531837	7562045	Aiuruoca	Grt-bt-ms-qtz xisto porfiroblástico com cristais de grt < 0,5 cm (não foi observado ky). Presença de muitos veios de qtz dobrados com ky azulada. Presença de clivagem espaçada --> níveis crustais mais rasos (eventos posteriores).	S2 80/23 64/25	Cl esp. 218/85 LB 120/15 L3 (eixo, S2 = PA) 155/15 180/17 eixo (S2 dobrada) 105/25 83/25 Lqtz ant 85/35 270/05 295/30	Grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade



SNA-194	531934	7561943	Aiuruoca	Grt-bt-ms-qtz xisto com menor quantidade de grt. Não é observável grandes porfiroblastos de grt. Obs. Predominância do xisto: camadas de quartzo de no máx 50 cm.	50/35 70/28 50/35 80/30 75/20 73/20	Lms 85/20 eixo (S2 PA) 100/20 eixo (S2 dobr) 60/23	Grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-195	532005	7561817	Aiuruoca	Xisto com camada decimétrica de quartzo.	70/40 51/17 70/27 68/35	Lms 32/25 10/20 eixo (S2 dobr) 53/35	Grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-196	532128	7561677	Aiuruoca	Grt-bt-ms-qtz xisto	70/30 78/18 68/18 85/37 80/40	LB (mull) 40/20 30/27	Grt-bt-ms-qtz Xisto	Nappe Liberdade
SNA-197	532232	7561261	Aiuruoca	Ky-grt-bt-ms-qtz xisto metatexitico porfiroblástico, bastante quartzoso e cortado por muitos veios de qtz, que algumas vezes encontram-se dobrados. Xisto metatexitico com leucossomas descontínuos, sub-centimétricos dentro da foliação.	54/34 49/38 55/60 S2 dobr 62/43 50/37 obs.: PA 88/34 80/26	mull (qtz) 10/38 36/27 eixo 166/05 336/01 130/12 115/26 156/10 164/02 L1 (anter) 30/44 228/35 25/75 33/55	Ky-grt-bt-ms-qtz Xisto Metatexitico Porfiroblástico	Nappe Liberdade



SNA-198	532349	7561132	Aiuruoca	Quartzito micáceo (+ xisto) com mergulho sub-vertical ao contrário do mergulho do ponto anterior.	268/50 264/48 250/41 255/50 255/80		Quartzito Micáceo	Nappe Liberdade
SNA-199	532408	7561132	Aiuruoca	Barra espessa do quartzito.	265/40		Quartzito Micáceo	Nappe Liberdade
SNA-200	532767	7560866	Aiuruoca	Xisto da intercalação junto ao quartzito (provável última barra). Rocha de granulação um pouco mais fina, com menor quantidade de porfiroblastos de grt, e os que ocorrem são sub-centimétricos.	217/08 183/10 152/09 135/18	Lms 215/08	Grt-bt-ms-qtz Xisto Porfiroblástico	Nappe Liberdade
SNA-201	533500	7560848	Aiuruoca	Grt-bt-plg-qtz xisto homogêneo de granulação fina, cristais de grt sub-centimétricos, com foliação não proeminente, aflorando como um paredão arredondado.	138/53 125/35	B2 60/07	Grt-bt-plg-qtz Xisto Homogêneo	Klippe Gamarra (Np. Andreíandia ) - Xisto Santo Antônio
SNA-202	533521	7561119	Aiuruoca	(grt ?)-ms-bt-qtz xisto metatexitico semelhante aos xistos dos pontos 182 e 183. É semelhante também ao do 197 porém aqui não é visível os porfiroblastos de grt. Obs. Está por baixo dos quartzitos e do Xisto Santo Antônio.	137/25		(grt ?)-ms-bt-qtz Xisto Metatexitico	
SNA-203	533593	7561196	Aiuruoca	Xisto metatexitico do 202 com porções muito quartzíticas, parecendo um ms quartzito.	189/36 106/10 94/15 200/15 108/13 60/18 45/20 28/29 22/29 28/30 69/06	eixo B 80/15	(grt ?)-ms-bt-qtz Xisto Metatexitico	
SNA-204	533619	7561337	Aiuruoca	Grt-bt-ms-qtz xisto metatexitico. Obs. Provavelmente o xisto do 200 era esse metatexitico e não o da intercalação.	140/35			



### 3. TABELA DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES POR LA-ICP-MS



3.1 AMOSTRA SNA - 116

Ponto	Descrição	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Concordância (%)	
																				206/238	206/238
																				207/235	207/206
M 135																					
1,1	m,p-ov,hb	7,3620	0,0773	0,3936	0,0034	0,83	2,5408	0,0222	0,1354	0,0005	0,1451	0,0127	0,442	2,139	0,016	2,156	0,009	2,166	0,007	99	99
1,2	m,p-ov,hb	7,2159	0,0801	0,3891	0,0035	0,82	2,5698	0,0233	0,1359	0,0005	0,1536	0,0134	0,464	2,119	0,016	2,138	0,010	2,172	0,007	99	98
2,1	m,p,sz	1,6353	0,0176	0,1663	0,0014	0,79	6,0120	0,0510	0,0718	0,0003	0,2387	0,0207	0,787	0,992	0,008	0,984	0,007	0,981	0,009	101	101
2,2	e,p,osc	1,6231	0,0183	0,1642	0,0015	0,81	6,0903	0,0554	0,0723	0,0003	0,1980	0,0172	0,593	0,980	0,008	0,979	0,007	0,994	0,009	100	99
3,1	m,ov,sz	13,0351	0,1408	0,5152	0,0050	0,89	1,9409	0,0187	0,1898	0,0007	0,2318	0,0203	0,679	2,679	0,021	2,682	0,010	2,744	0,006	100	98
3,2	e,ov,hd	12,2531	0,1628	0,4881	0,0050	0,77	2,0487	0,0209	0,1853	0,0007	0,0799	0,0069	0,276	2,562	0,022	2,624	0,012	2,704	0,006	98	95
3,3	e,ov,hb	13,3068	0,1521	0,5182	0,0052	0,87	1,9298	0,0192	0,1874	0,0007	0,1223	0,0106	0,417	2,691	0,022	2,702	0,011	2,723	0,006	100	99
4,1	m,fr,hb	4,1390	0,0469	0,2914	0,0026	0,79	3,4314	0,0307	0,1015	0,0006	0,3726	0,0336	1,225	1,649	0,013	1,662	0,009	1,657	0,011	99	100
5,1	m,ov,hb	4,9962	0,0527	0,3278	0,0028	0,81	3,0504	0,0262	0,1111	0,0004	0,3162	0,0274	1,005	1,828	0,014	1,819	0,009	1,820	0,007	101	100
5,2	e,ov,osc	5,0744	0,0527	0,3275	0,0028	0,83	3,0537	0,0265	0,1117	0,0004	0,2790	0,0242	0,868	1,826	0,014	1,832	0,009	1,830	0,006	100	100
6,1	m,p-fr,hd	1,7020	0,0255	0,1697	0,0023	0,90	5,8937	0,0816	0,0734	0,0003	-0,2174	0,0422	1,895	1,010	0,013	1,009	0,010	1,025	0,009	100	99
6,2	e,p-fr,osc	1,6374	0,0169	0,1644	0,0014	0,81	6,0821	0,0508	0,0722	0,0003	0,1701	0,0147	0,521	0,981	0,008	0,985	0,006	0,991	0,008	100	99
7,1	m,fr,hb	1,8117	0,0422	0,1788	0,0024	0,57	5,5940	0,0745	0,0745	0,0012	0,1303	0,0143	0,324	1,060	0,013	1,050	0,015	1,056	0,034	101	100
8,1	e,ov,hb	6,8500	0,0810	0,3851	0,0033	0,73	2,5964	0,0224	0,1287	0,0008	0,5240	0,0769	1,612	2,100	0,015	2,092	0,010	2,078	0,010	100	101
9,1	m,fr,hb	8,6617	0,1010	0,4270	0,0036	0,72	2,3419	0,0198	0,1465	0,0008	0,1843	0,0271	0,584	2,292	0,016	2,303	0,011	2,301	0,010	100	100
10,1	m,ov,hb	2,0457	0,0338	0,1941	0,0022	0,69	5,1514	0,0585	0,0778	0,0006	0,0899	0,0136	0,379	1,144	0,012	1,131	0,011	1,145	0,017	101	100
11,1	m,ov,hb	7,0985	0,1057	0,3889	0,0050	0,87	2,5715	0,0332	0,1325	0,0015	0,1290	0,0216	0,415	2,118	0,023	2,124	0,013	2,128	0,019	100	100
12,1	m,p-ov,sz	1,5648	0,0196	0,1575	0,0014	0,71	6,3472	0,0567	0,0705	0,0004	0,2334	0,0343	0,632	0,943	0,008	0,956	0,008	0,942	0,013	99	100
13,1	c,ov,lc,hd	1,2590	0,0460	0,1404	0,0029	0,56	7,1227	0,1449	0,0674	0,0006	0,0476	0,0160	0,361	0,847	0,016	0,827	0,020	0,847	0,019	102	100
14,1	m,fr,hb	7,0380	0,0749	0,3889	0,0032	0,77	2,5716	0,0212	0,1322	0,0007	0,1143	0,0169	0,336	2,118	0,015	2,116	0,009	2,125	0,009	100	100
15,1	m,ov,sz	3,3633	0,0356	0,2600	0,0021	0,76	3,8459	0,0309	0,0947	0,0004	0,1904	0,0279	0,552	1,490	0,011	1,496	0,008	1,528	0,008	100	98
16,1	m,p,hb	3,7627	0,0444	0,2660	0,0025	0,79	3,7599	0,0351	0,1027	0,0004	0,1134	0,0171	0,354	1,520	0,013	1,585	0,009	1,679	0,008	96	91
17,1	m,fr-ov,osc	4,4895	0,0542	0,3077	0,0030	0,80	3,2501	0,0313	0,1071	0,0007	0,3752	0,0551	1,182	1,729	0,015	1,729	0,010	1,754	0,011	100	99



18,1	m,rd,osc	6,7860	0,1157	0,3914	0,0054	0,81	2,5551	0,0355	0,1247	0,0006	0,4783	0,0703	1,431	2,129	0,025	2,084	0,015	2,022	0,009	102	105
19,1	m,ov,hd	6,2121	0,0648	0,3632	0,0029	0,76	2,7530	0,0220	0,1250	0,0005	0,1746	0,0256	0,511	1,998	0,014	2,006	0,009	2,027	0,007	100	99
20,1	m,p-ov,osc	3,1397	0,0368	0,2470	0,0024	0,83	4,0484	0,0394	0,0927	0,0004	0,1455	0,0214	0,397	1,423	0,012	1,442	0,009	1,488	0,008	99	96
21,1	m,ov,hb	6,3466	0,0474	0,3648	0,0022	0,79	2,7416	0,0162	0,1282	0,0002	0,1736	0,0221	0,486	2,005	0,010	2,025	0,007	2,070	0,003	99	97
22,1	m,fr-ov,hb	5,0203	0,0460	0,3362	0,0027	0,86	2,9747	0,0235	0,1096	0,0004	0,3432	0,0440	1,021	1,868	0,013	1,823	0,008	1,796	0,007	102	104
23,1	m,rd,hb	4,5355	0,0369	0,3118	0,0021	0,82	3,2072	0,0213	0,1071	0,0003	0,4006	0,0510	1,048	1,750	0,010	1,738	0,007	1,754	0,004	101	100
24,1	m,eq,hb	6,3361	0,0551	0,3583	0,0024	0,78	2,7911	0,0190	0,1304	0,0004	0,1296	0,0166	0,428	1,974	0,012	2,023	0,008	2,100	0,005	98	94
25,1	m,ov,osc	4,3932	0,0355	0,3044	0,0020	0,82	3,2852	0,0219	0,1057	0,0003	0,5616	0,0716	1,554	1,713	0,010	1,711	0,007	1,731	0,005	100	99
25,2	m,ov,hd	4,4977	0,0348	0,3119	0,0020	0,82	3,2061	0,0204	0,1058	0,0002	0,5488	0,0699	1,584	1,750	0,010	1,731	0,006	1,731	0,003	101	101
M 245																					
1,1	m,ov,hd	1,6078	0,0277	0,1623	0,0027	0,90	6,1619	0,1029	0,0715	0,0004	0,2395	0,0149	0,769	0,969	0,015	0,973	0,011	0,970	0,010	100	100
2,1	m,ov,osc	6,9245	0,0473	0,3757	0,0022	0,86	2,6619	0,0157	0,1342	0,0005	0,1609	0,0101	0,564	2,056	0,010	2,102	0,006	2,150	0,007	98	96
3,1	m,ov,sz	2,1447	0,0156	0,1947	0,0012	0,85	5,1351	0,0317	0,0800	0,0004	0,1801	0,0111	0,583	1,147	0,006	1,163	0,005	1,200	0,009	99	96
4,1	m,p,sz	6,6659	0,0610	0,3788	0,0033	0,90	2,6396	0,0231	0,1300	0,0006	0,1649	0,0101	0,535	2,071	0,015	2,068	0,008	2,096	0,008	100	99
5,1	m,ov,hd	6,7003	0,0408	0,3647	0,0019	0,85	2,7420	0,0141	0,1335	0,0005	0,1432	0,0087	0,464	2,004	0,009	2,073	0,005	2,141	0,007	97	94
5,2	e,ov,osc	6,6626	0,0431	0,3672	0,0021	0,89	2,7233	0,0157	0,1321	0,0005	0,1227	0,0074	0,414	2,016	0,010	2,068	0,006	2,122	0,007	98	95
6,1	m,fr,sz	3,4730	0,0370	0,2662	0,0026	0,90	3,7568	0,0363	0,0936	0,0005	0,1147	0,0075	0,354	1,521	0,013	1,521	0,008	1,506	0,010	100	101
7,1	m,fr,hd	7,3612	0,0558	0,3969	0,0028	0,90	2,5193	0,0177	0,1353	0,0006	0,0898	0,0057	0,351	2,155	0,013	2,156	0,007	2,164	0,007	100	100
8,1	m,ov,hb	7,5057	0,1016	0,3963	0,0037	0,68	2,5234	0,0233	0,1342	0,0007	0,2680	0,0172	0,771	2,152	0,017	2,174	0,012	2,150	0,009	99	100
9,1	m,fr,hd	3,8932	0,0312	0,2833	0,0019	0,86	3,5295	0,0243	0,1014	0,0004	0,3234	0,0208	0,941	1,608	0,010	1,612	0,006	1,656	0,008	100	97
10,1	m,ov,hb	4,0809	0,0360	0,2922	0,0025	0,90	3,4223	0,0292	0,1023	0,0005	0,4422	0,0269	1,254	1,653	0,012	1,650	0,007	1,671	0,009	100	99
11,1	m,ov,chw	1,5493	0,0175	0,1567	0,0009	0,52	6,3796	0,0372	0,0724	0,0004	0,3926	0,0242	1,234	0,939	0,005	0,950	0,007	0,998	0,012	99	94
12,1	m,fr,chw	1,5868	0,0206	0,1620	0,0019	0,90	6,1742	0,0736	0,0715	0,0003	0,1595	0,0097	0,493	0,968	0,011	0,965	0,008	0,971	0,009	100	100
13,1	m,fr,sz	4,2308	0,0375	0,2913	0,0023	0,88	3,4334	0,0266	0,1063	0,0003	0,2993	0,0445	0,920	1,648	0,011	1,680	0,007	1,740	0,004	98	95
14,1	m,fr,hd	4,2592	0,0699	0,3017	0,0046	0,90	3,3149	0,0506	0,1026	0,0003	0,4877	0,0727	1,317	1,700	0,023	1,686	0,013	1,677	0,006	101	101
14,2	e,fr,osc	3,9169	0,0353	0,2789	0,0022	0,87	3,5860	0,0282	0,1024	0,0003	0,4188	0,0623	1,264	1,586	0,011	1,617	0,007	1,674	0,005	98	95
15,1	m,fr,hd	4,0677	0,0371	0,2816	0,0023	0,88	3,5511	0,0284	0,1056	0,0002	0,1621	0,0241	0,532	1,599	0,011	1,648	0,007	1,729	0,004	97	93
16,1	m,ov,hd	5,8131	0,1179	0,3515	0,0072	0,90	2,8452	0,0580	0,1202	0,0003	0,1516	0,0226	0,542	1,942	0,034	1,948	0,017	1,958	0,004	100	99
17,1	m,fr,osc	4,5942	0,0459	0,3075	0,0028	0,90	3,2520	0,0298	0,1070	0,0003	0,3045	0,0453	0,937	1,728	0,014	1,748	0,008	1,752	0,005	99	99



18,1	m,ov,osc	16,0771	0,1702	0,5540	0,0057	0,90	1,8049	0,0185	0,2103	0,0006	0,1696	0,0253	0,520	2,842	0,024	2,881	0,010	2,914	0,005	99	98
19,1	m,ov,sz	4,3058	0,0433	0,2960	0,0026	0,88	3,3781	0,0298	0,1067	0,0003	0,3450	0,0514	1,028	1,672	0,013	1,694	0,008	1,747	0,005	99	96
20,1	m,fr-rd,sz	2,3997	0,0268	0,2165	0,0018	0,77	4,6183	0,0394	0,0815	0,0004	0,0689	0,0105	0,207	1,264	0,010	1,243	0,008	1,237	0,011	102	102
20,2	e,fr-rd,osc	2,3323	0,0219	0,2069	0,0017	0,86	4,8328	0,0390	0,0821	0,0002	0,0935	0,0140	0,284	1,212	0,009	1,222	0,007	1,251	0,005	99	97
21,1	e,fr,osc	16,6059	0,1484	0,5625	0,0045	0,89	1,7777	0,0141	0,2151	0,0005	0,2429	0,0362	0,838	2,877	0,018	2,912	0,009	2,951	0,004	99	98
4,2	e,p,osc	6,5391	0,0594	0,3619	0,0028	0,87	2,7635	0,0217	0,1323	0,0003	0,0885	0,0132	0,285	1,991	0,013	2,051	0,008	2,125	0,004	97	94
2,2	e,ov,hb	6,4310	0,0569	0,3499	0,0027	0,87	2,8577	0,0220	0,1345	0,0003	0,1727	0,0257	0,559	1,934	0,013	2,037	0,008	2,154	0,004	95	90



### 3.2 AMOSTRA SNA - 125

Ponto	Descrição	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Concordância (%)	
																				206/238	207/206
1,1	m,p,sz	2,0848	0,0377	0,1946	0,0010	0,28	5,1388	0,0260	0,0793	0,0013	0,1800	0,0426	0,357	1,146	0,005	1,144	0,012	1,183	0,032	100	97
2,1	m,p-fr,hd	2,4086	0,0442	0,2129	0,0009	0,22	4,6978	0,0192	0,0826	0,0013	0,4196	0,0992	0,811	1,244	0,005	1,245	0,013	1,265	0,031	100	98
2,2	e,p-fr,hd	0,7950	0,0142	0,0959	0,0003	0,20	10,4229	0,0365	0,0606	0,0009	0,0035	0,0014	0,005	0,591	0,002	0,594	0,008	0,618	0,033	99	96
3,1	m,p,hb	2,5463	0,0476	0,2170	0,0013	0,33	4,6084	0,0284	0,0852	0,0013	0,2546	0,0602	0,489	1,266	0,007	1,285	0,014	1,325	0,030	98	96
4,1	e,p-fr,hb	2,3050	0,0418	0,2022	0,0010	0,28	4,9459	0,0253	0,0826	0,0013	0,1063	0,0253	0,197	1,187	0,006	1,214	0,013	1,264	0,031	98	94
5,1	e,p-ov,hd	2,8514	0,0505	0,2359	0,0009	0,21	4,2389	0,0157	0,0880	0,0013	0,1689	0,0399	0,330	1,365	0,005	1,369	0,013	1,388	0,029	100	98
5,2	e,p-ov,hd	0,8105	0,0143	0,0979	0,0003	0,20	10,2191	0,0356	0,0607	0,0009	0,0017	0,0006	0,004	0,602	0,002	0,603	0,008	0,622	0,033	100	97
6,1	m,p-fr,sz	3,6219	0,0644	0,2684	0,0011	0,24	3,7258	0,0159	0,0973	0,0015	0,3419	0,0809	0,677	1,533	0,006	1,554	0,014	1,579	0,028	99	97
7,1	m,p-ov,hb	2,4299	0,0484	0,2080	0,0010	0,24	4,8074	0,0230	0,0860	0,0016	0,3579	0,0847	0,631	1,218	0,005	1,251	0,014	1,343	0,035	97	91
8,1	m,p,hd	2,4230	0,0475	0,2096	0,0016	0,39	4,7712	0,0365	0,0858	0,0013	0,3034	0,0718	0,627	1,227	0,009	1,249	0,014	1,339	0,030	98	92
8,2	e,p,hd	0,8614	0,0158	0,1007	0,0005	0,27	9,9303	0,0497	0,0624	0,0010	0,0178	0,0044	0,020	0,619	0,003	0,631	0,009	0,683	0,033	98	91
9,1	c,p,ic,hb	2,1539	0,0404	0,1956	0,0012	0,32	5,1115	0,0304	0,0807	0,0013	0,0182	0,0053	0,049	1,152	0,006	1,166	0,013	1,218	0,031	99	95
9,2	m,p,osc	1,9393	0,0344	0,1819	0,0007	0,20	5,4960	0,0199	0,0781	0,0012	0,0705	0,0167	0,126	1,078	0,004	1,095	0,012	1,151	0,030	98	94
10,1	m,ov,hb	2,2001	0,0383	0,1976	0,0016	0,45	5,0600	0,0399	0,0810	0,0013	0,3674	0,0964	0,590	1,163	0,008	1,181	0,012	1,226	0,031	98	95
11,1	m,fr,hd	2,9105	0,0304	0,2358	0,0011	0,46	4,2401	0,0203	0,0897	0,0011	0,3916	0,1027	0,704	1,365	0,006	1,385	0,008	1,426	0,022	99	96
12,1	m,ov,osc	5,4124	0,0557	0,3430	0,0017	0,47	2,9153	0,0141	0,1149	0,0013	0,4114	0,1079	0,787	1,901	0,008	1,887	0,009	1,880	0,020	101	101
13,1	e,p-ov,hd	0,8096	0,0094	0,0974	0,0006	0,54	10,2678	0,0648	0,0609	0,0007	-0,0030	0,0015	0,006	0,599	0,004	0,602	0,005	0,630	0,026	99	95
13,2	e,p-ov,hd	0,8034	0,0084	0,0962	0,0005	0,49	10,3918	0,0526	0,0610	0,0007	0,0049	0,0015	0,007	0,592	0,003	0,599	0,005	0,633	0,025	99	94
13,3	c,p-ov,ic,osc	4,8143	0,0522	0,3112	0,0017	0,50	3,2133	0,0174	0,1130	0,0013	0,4645	0,1218	0,881	1,747	0,008	1,787	0,009	1,851	0,020	98	94
14,1	m,p-ov,sz	2,4875	0,0316	0,2198	0,0019	0,66	4,5499	0,0383	0,0842	0,0011	0,3974	0,1042	0,755	1,281	0,010	1,268	0,009	1,303	0,025	101	98
15,1	e,p-ov,hd	0,8237	0,0090	0,0977	0,0005	0,46	10,2305	0,0516	0,0606	0,0007	0,0016	0,0014	0,003	0,601	0,003	0,610	0,005	0,621	0,026	99	97
15,2	c,p-ov,ic,osc	5,3396	0,0547	0,3211	0,0015	0,46	3,1141	0,0145	0,1219	0,0014	0,2231	0,0585	0,417	1,795	0,007	1,875	0,009	1,983	0,020	96	91
15,3	e,p-ov,hd	0,8061	0,0086	0,0969	0,0005	0,46	10,3173	0,0510	0,0605	0,0007	-0,0005	0,0008	0,002	0,596	0,003	0,600	0,005	0,614	0,025	99	97
16,1	e,p,hd	0,8401	0,0090	0,1007	0,0005	0,49	9,9278	0,0518	0,0603	0,0007	0,0051	0,0014	0,006	0,619	0,003	0,619	0,005	0,609	0,025	100	102



16,2	c,p,ic,hd	3,3458	0,0373	0,2581	0,0016	0,54	3,8740	0,0233	0,0946	0,0011	0,2112	0,0555	0,371	1,480	0,008	1,492	0,009	1,526	0,022	99	97
16,3	e,p,hd	0,7768	0,0087	0,0940	0,0005	0,52	10,6422	0,0622	0,0605	0,0007	0,0059	0,0018	0,011	0,579	0,003	0,584	0,005	0,615	0,025	99	94
17,1	c,ov,ic,hd	4,2170	0,0330	0,2874	0,0012	0,54	3,4795	0,0148	0,1068	0,0007	0,2601	0,0407	0,466	1,629	0,006	1,677	0,006	1,748	0,012	97	93
17,2	e,ov,hd	0,7949	0,0063	0,0962	0,0004	0,53	10,3996	0,0433	0,0602	0,0004	0,0008	0,0006	0,005	0,592	0,002	0,594	0,004	0,605	0,015	100	98
18,1	m,p,osc	2,6541	0,0256	0,2189	0,0011	0,53	4,5684	0,0233	0,0879	0,0006	0,5538	0,0869	0,967	1,276	0,006	1,316	0,007	1,385	0,014	97	92
19,1	m,ov,osc	2,7772	0,0242	0,2326	0,0012	0,60	4,2989	0,0226	0,0874	0,0008	0,2095	0,0329	0,396	1,348	0,006	1,349	0,006	1,376	0,017	100	98
20,1	m,ov,osc	3,2075	0,0278	0,2485	0,0012	0,56	4,0240	0,0194	0,0945	0,0008	0,2148	0,0337	0,403	1,431	0,006	1,459	0,007	1,524	0,016	98	94
21,1	m,p-ov,osc	4,3071	0,0343	0,2919	0,0013	0,57	3,4253	0,0154	0,1081	0,0008	0,3560	0,0558	0,772	1,651	0,007	1,695	0,007	1,771	0,013	97	93
22,1	m,fr,hb	1,9722	0,0212	0,1827	0,0013	0,66	5,4725	0,0391	0,0778	0,0006	0,1224	0,0194	0,212	1,082	0,007	1,106	0,007	1,144	0,016	98	95
23,1	e,ov,osc	2,1562	0,0186	0,1980	0,0011	0,62	5,0515	0,0270	0,0807	0,0007	0,2231	0,0350	0,441	1,164	0,006	1,167	0,006	1,217	0,017	100	96
24,1	m,p-ov,sz	5,6766	0,0729	0,3375	0,0034	0,77	2,9629	0,0295	0,1265	0,0011	0,2401	0,0379	0,568	1,875	0,016	1,928	0,011	2,048	0,016	97	92
24,2	e,p-ov,hd	0,8357	0,0095	0,0999	0,0007	0,59	10,0109	0,0680	0,0612	0,0006	-0,0031	0,0034	0,011	0,614	0,004	0,617	0,005	0,641	0,021	100	96
25,1	e,p,hd	0,8799	0,0087	0,1069	0,0007	0,70	9,3542	0,0648	0,0602	0,0005	0,0018	0,0014	0,009	0,655	0,004	0,641	0,005	0,604	0,017	102	108
26,1	m,ov,sz	2,5973	0,0268	0,2239	0,0014	0,62	4,4673	0,0286	0,0854	0,0009	0,2100	0,0331	0,475	1,302	0,008	1,297	0,008	1,330	0,020	100	98
27,1	m,p,osc	2,1648	0,0281	0,1961	0,0018	0,71	5,0983	0,0471	0,0812	0,0009	0,3753	0,0591	0,746	1,155	0,010	1,170	0,009	1,231	0,023	99	94
28,1	m,ov,chw	2,7915	0,0489	0,2385	0,0037	0,88	4,1936	0,0645	0,0850	0,0011	0,2502	0,1334	0,469	1,379	0,019	1,353	0,013	1,322	0,025	102	104
29,1	m,ov,osc	2,2471	0,0301	0,2010	0,0025	0,94	4,9742	0,0627	0,0807	0,0007	0,0331	0,0177	0,069	1,181	0,014	1,196	0,009	1,218	0,018	99	97
30,1	m,ov,osc	3,0136	0,0411	0,2403	0,0031	0,93	4,1608	0,0528	0,0905	0,0008	0,2058	0,1096	0,328	1,388	0,016	1,411	0,010	1,441	0,017	98	96
19,2	e,ov,hd	0,7796	0,0103	0,0964	0,0012	0,96	10,3709	0,1312	0,0593	0,0005	-0,0088	0,0049	0,006	0,593	0,007	0,585	0,006	0,571	0,020	101	104
31,1	m+e,p,osc	1,6572	0,0245	0,1694	0,0024	0,95	5,9034	0,0834	0,0715	0,0007	0,2130	0,1135	0,400	1,009	0,013	0,992	0,009	0,972	0,021	102	104
32,1	e,ov,hd	0,8105	0,0114	0,0985	0,0012	0,90	10,1510	0,1283	0,0599	0,0005	-0,0032	0,0023	0,004	0,606	0,007	0,603	0,006	0,594	0,019	100	102
33,1	m,ov,osc	2,2759	0,0304	0,2028	0,0026	0,96	4,9311	0,0632	0,0818	0,0007	0,3457	0,1841	0,532	1,190	0,014	1,205	0,009	1,245	0,018	99	96
34,1	m,ov,osc	2,6495	0,0394	0,2257	0,0032	0,97	4,4315	0,0637	0,0840	0,0008	0,2476	0,1318	0,392	1,312	0,017	1,314	0,011	1,298	0,018	100	101
35,1	m,p-ov,hb	1,8794	0,0269	0,1789	0,0024	0,93	5,5892	0,0740	0,0763	0,0009	0,2168	0,1155	0,478	1,061	0,013	1,074	0,009	1,105	0,023	99	96
35,2	e,p-ov,hd	0,7088	0,0150	0,0878	0,0012	0,66	11,3861	0,1576	0,0589	0,0010	0,0207	0,0123	0,005	0,543	0,007	0,544	0,009	0,558	0,036	100	97
36,1	m,p-fr,sz	1,6902	0,0389	0,1690	0,0027	0,69	5,9165	0,0939	0,0725	0,0020	0,4521	0,2411	0,755	1,007	0,015	1,005	0,015	1,000	0,056	100	101
37,1	m,p,osc	1,6118	0,0271	0,1645	0,0023	0,83	6,0807	0,0846	0,0719	0,0013	0,2914	0,1553	0,471	0,981	0,013	0,975	0,010	0,982	0,036	101	100
38,1	m,ov,chw	5,8553	0,0783	0,3597	0,0048	0,99	2,7804	0,0373	0,1192	0,0012	0,3340	0,1779	0,561	1,981	0,023	1,955	0,012	1,944	0,018	101	102
39,1	m,ov,osc	2,6935	0,0341	0,2398	0,0026	0,85	4,1699	0,0447	0,0832	0,0005	0,3547	0,2389	0,547	1,386	0,013	1,327	0,009	1,279	0,011	104	108



40,1	m,p-ov,chw	2,0191	0,0356	0,1963	0,0029	0,85	5,0955	0,0766	0,0760	0,0018	0,9915	0,6678	1,364	1,155	0,016	1,122	0,012	1,098	0,047	103	105
41,1	m,p-ov,chw	2,6815	0,0644	0,2323	0,0042	0,75	4,3055	0,0774	0,0847	0,0015	0,4855	0,3271	0,633	1,346	0,022	1,323	0,018	1,314	0,034	102	102
38,2	m,ov,chw	5,8580	0,0415	0,3473	0,0030	0,90	2,8795	0,0248	0,1236	0,0010	0,3445	0,0244	0,699	1,922	0,014	1,955	0,006	2,007	0,014	98	96
42,1	e,p-ov,hd	0,6446	0,0244	0,0857	0,0018	0,56	11,6754	0,2468	0,0575	0,0014	0,0031	0,0088	0,005	0,530	0,011	0,505	0,015	0,505	0,053	105	105
43,1	c,p-ov,ic,sz	4,2219	0,0147	0,2923	0,0015	0,99	3,4211	0,0179	0,1053	0,0004	0,3139	0,0218	0,649	1,653	0,008	1,678	0,003	1,724	0,007	98	96
44,1	m,ov,chw	2,6172	0,0117	0,2197	0,0012	0,99	4,5509	0,0257	0,0869	0,0004	0,1229	0,0086	0,243	1,280	0,007	1,305	0,003	1,365	0,009	98	94
45,1	m,ov,chw	5,5821	0,1619	0,3587	0,0085	0,81	2,7877	0,0658	0,1185	0,0019	0,3304	0,1174	0,830	1,976	0,040	1,913	0,025	1,934	0,028	103	102
46,1	m,ov,osc	4,6660	0,0604	0,3005	0,0016	0,41	3,3278	0,0176	0,1126	0,0011	0,3197	0,1134	0,597	1,694	0,008	1,761	0,011	1,845	0,018	96	92
47,1	e,p,hd	1,0717	0,0333	0,1222	0,0024	0,64	8,1843	0,1617	0,0644	0,0017	0,0311	0,0178	0,006	0,743	0,014	0,740	0,016	0,750	0,057	100	99
48,1	e,ov,hd	0,9678	0,0253	0,1141	0,0014	0,47	8,7648	0,1081	0,0623	0,0012	0,0076	0,0074	0,005	0,696	0,008	0,687	0,013	0,677	0,041	101	103
49,1	e,ov,hd	1,0644	0,0383	0,1170	0,0019	0,46	8,5498	0,1412	0,0636	0,0026	0,0343	0,0218	0,007	0,713	0,011	0,736	0,019	0,722	0,087	97	99
50,1	m,ov,osc	3,4440	0,0409	0,2576	0,0014	0,44	3,8823	0,0205	0,0978	0,0009	0,1323	0,0469	0,257	1,477	0,007	1,515	0,009	1,588	0,017	98	93
51,1	e,p-fr,hd	2,0869	0,0240	0,1900	0,0008	0,38	5,2620	0,0233	0,0797	0,0008	0,0816	0,0290	0,152	1,122	0,005	1,138	0,008	1,193	0,019	99	94
52,1	m,p-ov,osc	1,9070	0,0236	0,1800	0,0010	0,47	5,5552	0,0323	0,0771	0,0008	0,3391	0,1203	0,609	1,067	0,006	1,084	0,008	1,127	0,020	98	95
53,1	m,fr-ov,hd	1,8975	0,0228	0,1800	0,0008	0,39	5,5567	0,0262	0,0766	0,0008	0,1207	0,0429	0,254	1,067	0,005	1,080	0,008	1,112	0,021	99	96
54,1	e,p,osc	1,8523	0,0225	0,1757	0,0010	0,48	5,6921	0,0330	0,0772	0,0007	0,1983	0,0703	0,331	1,043	0,006	1,064	0,008	1,128	0,019	98	93
55,1	m,ov,osc	2,6922	0,0322	0,2294	0,0013	0,47	4,3589	0,0246	0,0856	0,0009	0,4671	0,1657	0,792	1,331	0,007	1,326	0,009	1,334	0,020	100	100
55,2	e,ov,hd	0,7850	0,0097	0,0954	0,0005	0,41	10,4841	0,0537	0,0603	0,0006	0,0025	0,0016	0,005	0,587	0,003	0,588	0,006	0,607	0,022	100	97
56,1	m,p,osc	5,0817	0,0584	0,3252	0,0015	0,40	3,0753	0,0141	0,1144	0,0011	0,1264	0,0449	0,227	1,815	0,007	1,833	0,010	1,871	0,016	99	97
57,1	m,p-ov,chw	1,6664	0,0495	0,1583	0,0028	0,58	6,3168	0,1099	0,0784	0,0016	0,2394	0,1319	0,312	0,947	0,015	0,996	0,019	1,159	0,040	95	82
58,1	m,ov,hb	2,0837	0,0395	0,1942	0,0013	0,34	5,1490	0,0334	0,0793	0,0014	0,6001	0,3299	1,121	1,144	0,007	1,143	0,013	1,182	0,034	100	97
59,1	m,p-ov,osc	2,3197	0,0352	0,2077	0,0010	0,31	4,8136	0,0224	0,0819	0,0011	0,2534	0,1392	0,466	1,217	0,005	1,218	0,011	1,247	0,027	100	98
60,1	m,fr-ov,sz	5,2490	0,0779	0,3288	0,0012	0,24	3,0413	0,0108	0,1170	0,0016	0,2646	0,1453	0,475	1,833	0,006	1,861	0,013	1,911	0,023	98	96
61,1	m,ov,hb	4,0658	0,0939	0,2946	0,0041	0,60	3,3942	0,0469	0,1035	0,0016	0,5627	0,3092	0,869	1,665	0,020	1,647	0,019	1,692	0,027	101	98
62,1	e,fr,hd	2,9398	0,0572	0,2360	0,0026	0,56	4,2374	0,0460	0,0921	0,0013	0,4050	0,2226	0,717	1,366	0,013	1,392	0,015	1,476	0,026	98	93
63,1	m,p,osc	2,3726	0,0585	0,2143	0,0038	0,71	4,6674	0,0818	0,0826	0,0012	0,1022	0,0562	0,196	1,251	0,020	1,234	0,017	1,265	0,029	101	99
64,1	e,p,hd	0,7812	0,0132	0,0939	0,0006	0,40	10,6441	0,0711	0,0599	0,0009	0,0153	0,0085	0,017	0,579	0,004	0,586	0,007	0,594	0,032	99	98
65,1	e,p,hd	0,7587	0,0130	0,0933	0,0007	0,44	10,7144	0,0806	0,0596	0,0009	0,0063	0,0044	0,015	0,575	0,004	0,573	0,007	0,584	0,031	100	99
66,1	m,p,chw	9,5495	0,1611	0,4326	0,0034	0,46	2,3118	0,0180	0,1622	0,0022	0,2030	0,1115	0,393	2,317	0,015	2,392	0,015	2,475	0,023	97	94



67,1	m,p-ov,hb	1,8307	0,0444	0,1811	0,0035	0,80	5,5216	0,1073	0,0750	0,0013	0,3112	0,1711	4,337	1,073	0,019	1,057	0,016	1,070	0,034	102	100
68,1	m,ov,osc	4,5522	0,0967	0,3116	0,0042	0,64	3,2090	0,0434	0,1105	0,0016	0,3413	0,1875	0,714	1,749	0,021	1,741	0,018	1,810	0,026	100	97
69,1	m,ov,osc	5,2926	0,0895	0,3344	0,0024	0,42	2,9902	0,0212	0,1166	0,0016	0,5993	0,2963	1,086	1,860	0,011	1,868	0,014	1,906	0,024	100	98



### 3.3 AMOSTRA SNA - 169

Ponto	Descrição	207/235	1sigma	206/238	1sigma	coef. corr	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	Th/U	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	Concordância (%)		
																				206/238	206/238	207/235
1,1	e.p.hd	0,8018	0,0677	0,0958	0,0076	0,90	10,4431	0,8296	0,0609	0,0004	0,0016	0,0006	0,004	0,589	0,045	0,598	0,037	0,629	0,014	99	99	94
2,1	e.ov,r	0,8248	0,0697	0,0990	0,0079	0,90	10,1026	0,8030	0,0603	0,0004	-0,0055	0,0026	0,008	0,608	0,046	0,611	0,038	0,607	0,015	100	100	100
3,1	e.p-fr,r	0,7744	0,0654	0,0943	0,0075	0,90	10,6093	0,8429	0,0603	0,0004	0,0003	0,0011	0,008	0,581	0,044	0,582	0,037	0,606	0,015	100	100	96
4,1	e.p-fr,hd	0,7769	0,0657	0,0937	0,0075	0,90	10,6671	0,8482	0,0605	0,0004	0,0021	0,0007	0,005	0,578	0,044	0,584	0,037	0,616	0,013	99	99	94
5,1	m.p.chz	0,8216	0,0698	0,1001	0,0080	0,90	9,9932	0,7974	0,0604	0,0004	0,0022	0,0008	0,006	0,615	0,047	0,609	0,038	0,612	0,014	101	101	100
6,1	c.p-fr,ic,osc	10,7438	0,9469	0,4872	0,0402	0,90	2,0525	0,1695	0,1713	0,0020	0,2167	0,0448	0,900	2,559	0,172	2,501	0,079	2,570	0,020	102	102	100
7,1	c.ic,hb	2,2984	0,1958	0,2059	0,0164	0,90	4,8572	0,3880	0,0841	0,0007	0,1398	0,0289	0,277	1,207	0,087	1,212	0,059	1,300	0,015	100	100	93
8,1	e.p-fr,r	0,7515	0,0635	0,0912	0,0072	0,90	10,9704	0,8719	0,0602	0,0004	0,0048	0,0013	0,007	0,562	0,043	0,569	0,036	0,606	0,013	99	99	93
9,1		0,8890	0,0754	0,1037	0,0083	0,90	9,6464	0,7683	0,0650	0,0005	0,0255	0,0054	0,013	0,636	0,048	0,646	0,040	0,769	0,017	98	98	83
10,1	m.p-ov,chz	0,7544	0,0638	0,0905	0,0072	0,90	11,0456	0,8793	0,0605	0,0004	0,0004	0,0009	0,006	0,559	0,042	0,571	0,036	0,615	0,014	98	98	91
11,1	m.p-ov,hd	0,8014	0,0683	0,0973	0,0078	0,90	10,2736	0,8233	0,0601	0,0005	-0,0002	0,0010	0,004	0,599	0,046	0,598	0,038	0,602	0,017	100	100	100
12,1	m.p,hd	2,7437	0,2349	0,2150	0,0173	0,90	4,6510	0,3733	0,0963	0,0010	0,0231	0,0048	0,063	1,255	0,091	1,340	0,062	1,559	0,019	94	94	81
13,1	m.p-ov,chz	0,7777	0,0658	0,0919	0,0073	0,90	10,8869	0,8654	0,0606	0,0004	0,0046	0,0014	0,008	0,566	0,043	0,584	0,037	0,619	0,015	97	97	92
14,1	m.p-ov,chz	0,7965	0,0181	0,0968	0,0021	0,90	10,3287	0,2188	0,0601	0,0004	0,0086	0,0033	0,008	0,596	0,012	0,595	0,010	0,601	0,013	100	100	99
15,1	m.p,chz	0,8773	0,0204	0,1051	0,0023	0,90	9,5120	0,2077	0,0607	0,0002	0,0007	0,0016	0,008	0,644	0,013	0,640	0,011	0,623	0,009	101	101	103
16,1	m.ov,hd	0,8494	0,0188	0,1016	0,0022	0,90	9,8394	0,2091	0,0608	0,0002	0,0056	0,0017	0,007	0,624	0,013	0,624	0,010	0,625	0,006	100	100	100
17,1	m.p-ov,hb	1,5393	0,0540	0,1450	0,0038	0,74	6,8977	0,1796	0,0829	0,0006	0,0495	0,0128	0,059	0,873	0,021	0,946	0,021	1,271	0,015	92	92	69
18,1	c.p-ov,ic,hb	5,8790	0,1312	0,3547	0,0076	0,90	2,8191	0,0604	0,1259	0,0006	0,5529	0,1416	1,160	1,957	0,036	1,958	0,019	2,040	0,008	100	100	96
19,1	m.p,hd	0,7045	0,0164	0,0836	0,0019	0,90	11,9598	0,2737	0,0617	0,0001	0,0073	0,0019	0,008	0,518	0,011	0,541	0,010	0,659	0,005	96	96	79
20,1	m.p-ov,hd	2,3406	0,0597	0,2112	0,0049	0,90	4,7348	0,1102	0,0826	0,0005	0,1445	0,0371	0,264	1,235	0,026	1,225	0,018	1,264	0,012	101	101	98
21,1	m.p-ov,chz	2,1450	0,0535	0,1866	0,0042	0,90	5,3593	0,1216	0,0857	0,0005	0,1570	0,0403	0,255	1,103	0,023	1,163	0,017	1,336	0,010	95	95	83
22,1	m.p,chz	0,7358	0,0187	0,0907	0,0021	0,90	11,0218	0,2576	0,0601	0,0005	0,0005	0,0014	0,006	0,560	0,013	0,560	0,011	0,601	0,016	100	100	93
23,1	c.p,ic,hb	1,8668	0,0475	0,1608	0,0037	0,90	6,2203	0,1442	0,0888	0,0005	0,1727	0,0443	0,168	0,961	0,021	1,069	0,017	1,406	0,010	90	90	68
24,1	m.ov-p,hd	0,8347	0,0183	0,1003	0,0021	0,90	9,9722	0,2113	0,0607	0,0002	0,0061	0,0020	0,012	0,616	0,012	0,616	0,010	0,621	0,006	100	100	99



25,1	c,ov,sz,ic,chw	3,4141	0,0863	0,2245	0,0052	0,90	4,4536	0,1028	0,1163	0,0008	0,1775	0,0455	0,231	1,306	0,027	1,508	0,020	1,901	0,012	87	69
26,1	c,fr,ic,sz	7,9736	0,2664	0,4117	0,0117	0,85	2,4292	0,0692	0,1412	0,0034	0,3812	0,0983	0,889	2,223	0,053	2,228	0,030	2,238	0,041	100	99
27,1	m,p-ov,hd	0,8503	0,0266	0,1011	0,0032	0,90	9,8929	0,3164	0,0613	0,0003	0,0090	0,0022	0,013	0,621	0,019	0,625	0,014	0,643	0,009	99	97
28,1	c+m,p,chw	0,7733	0,0242	0,0932	0,0030	0,90	10,7264	0,3444	0,0605	0,0003	0,0032	0,0009	0,007	0,575	0,018	0,582	0,014	0,614	0,009	99	94
29,1	c,ov,ic,chw	2,1495	0,0728	0,1992	0,0067	0,90	5,0192	0,1699	0,0805	0,0005	0,4869	0,1125	2,378	1,171	0,036	1,165	0,023	1,213	0,013	101	97
30,1	c+m,p-fr,chw	1,5395	0,0577	0,1388	0,0048	0,90	7,2032	0,2499	0,0809	0,0008	0,1236	0,0287	0,150	0,838	0,027	0,946	0,023	1,223	0,020	89	69
31,1	m,p,chw	0,7904	0,0275	0,0893	0,0032	0,90	11,2030	0,4015	0,0637	0,0003	0,0259	0,0061	0,018	0,551	0,019	0,591	0,015	0,726	0,010	93	76
32,1	m,p-fr,hd	1,1727	0,0380	0,1257	0,0041	0,90	7,9531	0,2591	0,0691	0,0004	0,0286	0,0069	0,082	0,763	0,023	0,788	0,018	0,901	0,011	97	85
33,1	m,p,hd	0,9562	0,0333	0,1074	0,0037	0,90	9,3111	0,3177	0,0665	0,0003	0,0882	0,0204	0,076	0,658	0,021	0,681	0,017	0,820	0,010	97	80
34,1	c+m,p-fr,chw	1,4308	0,0466	0,1475	0,0048	0,90	6,7803	0,2226	0,0711	0,0004	0,1080	0,0250	0,234	0,887	0,027	0,902	0,019	0,959	0,012	98	93
35,1	c,p-ov,ic,chw	6,5979	0,2084	0,3614	0,0117	0,90	2,7673	0,0895	0,1396	0,0006	0,0201	0,0047	0,056	1,989	0,055	2,059	0,027	2,218	0,008	97	90
36,1	m,p-ov,hb+hd	1,1280	0,0350	0,1269	0,0040	0,90	7,8802	0,2508	0,0653	0,0003	0,0300	0,0069	0,027	0,770	0,023	0,767	0,017	0,780	0,010	100	99
37,1	m,p-ov,chw	0,9445	0,0306	0,1053	0,0034	0,90	9,4957	0,3106	0,0659	0,0004	0,0426	0,0099	0,060	0,645	0,020	0,675	0,016	0,801	0,012	96	81
38,1	c,p-fr,ic,chw	6,0839	0,1930	0,3522	0,0113	0,90	2,8396	0,0913	0,1255	0,0006	0,2183	0,0500	0,591	1,945	0,054	1,988	0,027	2,034	0,008	98	96
39,1	m,p,sz	0,8528	0,0276	0,1034	0,0033	0,90	9,6698	0,3102	0,0638	0,0003	0,0286	0,0066	0,033	0,634	0,019	0,626	0,015	0,731	0,009	101	87
40,1	m,p,hd	0,9941	0,0114	0,1126	0,0010	0,77	8,8832	0,0789	0,0637	0,0003	0,0447	0,0087	0,060	0,688	0,006	0,701	0,006	0,727	0,010	98	95
41,1	m,p,hd	0,8397	0,0096	0,1003	0,0009	0,78	9,9704	0,0890	0,0609	0,0003	0,0050	0,0011	0,008	0,616	0,005	0,619	0,005	0,631	0,009	100	98
42,1	e,p,hd	0,8040	0,0093	0,0966	0,0009	0,79	10,3539	0,0944	0,0603	0,0003	0,0018	0,0009	0,007	0,594	0,005	0,599	0,005	0,610	0,010	99	98
43,1	m,p-fr,sz	6,9095	0,1041	0,3824	0,0045	0,78	2,6153	0,0306	0,1299	0,0006	0,1693	0,0329	0,502	2,087	0,021	2,100	0,013	2,093	0,008	99	100
44,1	c,fr,hb	1,2648	0,0168	0,1309	0,0014	0,78	7,6368	0,0792	0,0704	0,0004	0,1452	0,0282	0,441	0,793	0,008	0,830	0,007	0,938	0,011	96	85
45,1	c,p,chw	0,9326	0,0224	0,1097	0,0021	0,81	9,1156	0,1778	0,0654	0,0005	0,0404	0,0084	0,035	0,671	0,012	0,669	0,012	0,785	0,017	100	86
46,1	m,p,hd	0,8266	0,0127	0,0977	0,0009	0,59	10,2390	0,0933	0,0627	0,0003	0,0090	0,0018	0,010	0,601	0,005	0,612	0,007	0,694	0,010	98	87
47,1	m,p-fr,hd	0,7618	0,0166	0,1016	0,0026	0,90	9,8455	0,2505	0,0607	0,0004	0,0294	0,0061	0,018	0,624	0,015	0,575	0,010	0,621	0,013	108	100
48,1	m,p,chw	3,3079	0,0693	0,2619	0,0046	0,84	3,8179	0,0669	0,0977	0,0009	0,1514	0,0296	0,305	1,500	0,023	1,483	0,016	1,585	0,017	101	95
49,1	m,p-fr,chw	6,5825	0,0954	0,3753	0,0045	0,83	2,6645	0,0322	0,1300	0,0006	0,0639	0,0124	0,226	2,054	0,021	2,054	0,013	2,095	0,008	100	98
50,1	m,p-hb	7,2549	0,1512	0,3426	0,0061	0,85	2,9185	0,0518	0,1724	0,0015	0,2174	0,0423	0,502	1,899	0,029	2,143	0,018	2,580	0,015	89	74
51,1	c,p-ov,ic,hb	4,7858	0,0747	0,2890	0,0034	0,76	3,4596	0,0410	0,1272	0,0013	0,1261	0,0245	0,257	1,637	0,017	1,782	0,013	2,058	0,017	92	80
52,1	c,p-hd	0,7964	0,0103	0,0945	0,0011	0,90	10,5846	0,1232	0,0619	0,0003	0,1698	0,0332	0,387	0,582	0,006	0,595	0,006	0,665	0,010	98	88
53,1	c,p-fr,ic,chw	4,8211	0,0518	0,3186	0,0028	0,81	3,1391	0,0272	0,1100	0,0005	0,1638	0,0184	0,536	1,783	0,013	1,789	0,009	1,802	0,008	100	99



54,1	c,p-fr,ic,hb	7,9557	0,1408	0,4231	0,0065	0,86	2,3635	0,0361	0,1471	0,0014	0,1260	0,0143	1,618	2,275	0,029	2,226	0,016	2,309	0,016	102	99
55,1	m,fr,sz	8,2982	0,2002	0,4358	0,0089	0,85	2,2945	0,0469	0,1519	0,0013	0,1694	0,0191	44,317	2,332	0,040	2,264	0,022	2,364	0,015	103	99
56,1	m,p,hb	6,3923	0,1317	0,3711	0,0061	0,80	2,6950	0,0443	0,1257	0,0009	0,2847	0,0323	1,008	2,034	0,029	2,031	0,018	2,037	0,012	100	100
57,1	c,ov,ic,osc	16,3008	0,2456	0,5744	0,0076	0,88	1,7408	0,0231	0,2218	0,0017	0,2426	0,0273	1,049	2,926	0,031	2,895	0,014	2,999	0,012	101	98
58,1	c,p,ic,hb	6,6092	0,1586	0,3809	0,0075	0,82	2,6251	0,0516	0,1282	0,0011	0,3286	0,0388	1,726	2,081	0,035	2,061	0,021	2,072	0,015	101	100
59,1	m,p-ov,hb	1,6033	0,0224	0,1622	0,0018	0,80	6,1642	0,0692	0,0722	0,0004	0,1214	0,0138	0,355	0,969	0,010	0,972	0,009	0,990	0,012	100	98
60,1	m,p-ov,hd	0,8662	0,0100	0,1037	0,0010	0,81	9,6390	0,0902	0,0602	0,0003	0,0007	0,0005	0,005	0,636	0,006	0,633	0,005	0,604	0,010	100	105
61,1	c,p,ic,hb	1,9068	0,0394	0,1832	0,0032	0,84	5,4596	0,0944	0,0757	0,0007	0,3904	0,0441	1,358	1,084	0,017	1,083	0,014	1,089	0,017	100	100
62,1	m,p-ov,hd	0,9300	0,0146	0,1068	0,0012	0,71	9,3636	0,1039	0,0633	0,0004	0,0305	0,0041	0,029	0,654	0,007	0,668	0,008	0,714	0,014	98	92
63,1	m,p-fr,hb	6,8249	0,0769	0,3821	0,0034	0,79	2,6171	0,0233	0,1285	0,0007	0,3766	0,0423	1,306	2,086	0,016	2,089	0,010	2,075	0,009	100	101
64,1	m,ov,osc	6,2180	0,0692	0,3685	0,0034	0,83	2,7135	0,0250	0,1225	0,0006	0,4518	0,0508	1,459	2,022	0,016	2,007	0,010	1,993	0,008	101	101
65,1	m,p-ov,hd	0,7978	0,0091	0,0974	0,0009	0,77	10,2624	0,0907	0,0600	0,0003	0,0030	0,0007	0,006	0,599	0,005	0,596	0,005	0,597	0,011	101	100



3.4 AMOSTRA SNA - 172 E

P o n t o	Descrição	207/235		206/238		1 sigma	coef. corr	238/206		1 sigma	207/206		1 sigma	208/206		1 sigma	Th/U		T206/238		1 sigma	T207/235		1 sigma	T207/206		1 sigma	Concordância (%)				
		207/235	1sigma	206/238	1sigma			238/206	1sigma		207/206	1sigma		208/206	1sigma		Th/U	1sigma	T206/238	1sigma		T207/235	1sigma		T207/206	1sigma		206/238	206/238	206/238	207/235	207/206
		M 237																														
1,1	m,p-ov,hb	1,2190	0,0372	0,1347	0,0033	0,81	7,4258	0,1824	0,0663	0,0006	0,0656	0,0294	0,151	0,814	0,019	0,809	0,017	0,811	0,019	101	101	100										
1,2	c,p-ov,hd	5,3828	0,1653	0,3264	0,0082	0,82	3,0640	0,0767	0,1215	0,0007	0,0688	0,0302	0,117	1,821	0,040	1,882	0,026	1,978	0,010	97	92											
2,1	m,p-ov,osc	1,1915	0,0347	0,1322	0,0032	0,83	7,5664	0,1831	0,0656	0,0004	0,0926	0,0406	0,126	0,800	0,018	0,797	0,016	0,789	0,013	100	101											
3,1	c,p-ov,sz	1,0778	0,0371	0,1233	0,0031	0,74	8,1105	0,2051	0,0644	0,0010	0,6604	0,2886	0,953	0,750	0,018	0,743	0,018	0,752	0,032	101	100											
3,2	e,p-ov,hb	0,9319	0,0316	0,1099	0,0028	0,76	9,0997	0,2339	0,0622	0,0012	0,0854	0,0406	0,003	0,672	0,016	0,669	0,016	0,674	0,041	101	100											
4,1	m,ov,osc	1,1536	0,0339	0,1269	0,0031	0,82	7,8776	0,1908	0,0656	0,0004	0,1136	0,0497	0,172	0,770	0,018	0,779	0,016	0,789	0,012	99	98											
5,1	m,ov,hb	1,1880	0,0367	0,1322	0,0035	0,85	7,5621	0,1984	0,0664	0,0005	0,2652	0,1161	0,363	0,801	0,020	0,795	0,017	0,815	0,016	101	98											
6,1	m,p-ov,osc	1,1472	0,0335	0,1268	0,0031	0,83	7,8893	0,1915	0,0660	0,0004	0,1054	0,0461	0,150	0,769	0,018	0,776	0,016	0,802	0,012	99	96											
7,1	m,ov,hb	1,1675	0,0343	0,1290	0,0031	0,83	7,7548	0,1884	0,0661	0,0005	0,1325	0,0581	0,202	0,782	0,018	0,785	0,016	0,805	0,015	100	97											
8,1	m,p-ov,sz	1,8390	0,0546	0,1794	0,0044	0,82	5,5742	0,1358	0,0756	0,0005	0,5792	0,2530	0,871	1,064	0,024	1,060	0,019	1,085	0,014	100	98											
9,1	m,p-ov,chg	0,8782	0,0261	0,1048	0,0026	0,83	9,5423	0,2360	0,0615	0,0004	0,0311	0,0141	0,084	0,642	0,015	0,640	0,014	0,652	0,013	100	99											
9,2	e,p-ov,hd	0,8280	0,0245	0,0995	0,0024	0,82	10,0535	0,2452	0,0605	0,0003	0,0048	0,0031	0,005	0,611	0,014	0,612	0,014	0,616	0,012	100	99											
10,1	m,p,sz	1,2132	0,0362	0,1334	0,0032	0,82	7,4936	0,1825	0,0658	0,0006	0,3212	0,1404	0,403	0,808	0,018	0,807	0,016	0,796	0,018	100	101											
11,1	m,p,osc	1,4223	0,0349	0,1506	0,0030	0,81	6,6406	0,1317	0,0686	0,0004	0,0738	0,0348	0,120	0,904	0,017	0,898	0,015	0,884	0,012	101	102											
12,1	m,ov,osc	1,1863	0,0292	0,1298	0,0026	0,80	7,7019	0,1519	0,0655	0,0005	0,2368	0,1115	0,369	0,787	0,015	0,794	0,013	0,787	0,018	99	100											
13,1	m,ov,chg	1,1567	0,0291	0,1283	0,0025	0,78	7,7969	0,1533	0,0653	0,0005	0,0943	0,0444	0,147	0,778	0,014	0,780	0,014	0,781	0,017	100	100											
14,1	m,ov,chg	5,2224	0,1260	0,3289	0,0068	0,85	3,0408	0,0627	0,1148	0,0008	0,5278	0,2479	0,842	1,833	0,033	1,856	0,020	1,879	0,012	99	98											
15,1	m,p,chg	5,4427	0,1316	0,3315	0,0065	0,82	3,0163	0,0595	0,1195	0,0005	0,1482	0,0696	0,258	1,846	0,032	1,892	0,021	1,948	0,008	98	95											
16,1	m,p,chg	1,2266	0,0306	0,1348	0,0028	0,82	7,4209	0,1518	0,0665	0,0005	0,1921	0,0904	0,259	0,815	0,016	0,813	0,014	0,817	0,015	100	100											
17,1	m,p-fr,hb	1,1438	0,0279	0,1281	0,0026	0,82	7,8082	0,1570	0,0655	0,0005	0,2061	0,0972	0,337	0,777	0,015	0,774	0,013	0,786	0,016	100	99											
17,2	e,p-fr,hd	0,9481	0,0228	0,1130	0,0022	0,81	8,8533	0,1732	0,0603	0,0003	0,0016	0,0018	0,006	0,690	0,013	0,677	0,012	0,609	0,011	102	113											
9,3	e,p-ov,hd	0,8191	0,0199	0,0982	0,0020	0,82	10,1872	0,2029	0,0602	0,0004	0,0033	0,0036	0,005	0,604	0,011	0,608	0,011	0,603	0,013	99	100											
18,1	m,p,sz	1,1534	0,0287	0,1287	0,0026	0,80	7,7701	0,1555	0,0655	0,0006	0,2100	0,0993	0,320	0,780	0,015	0,779	0,013	0,787	0,019	100	99											



19,1	c.ov,chtz	1,1142	0,0276	0,1266	0,0025	0,80	7,9016	0,1555	0,0650	0,0005	0,2781	0,1307	0,405	0,768	0,014	0,760	0,013	0,769	0,016	101	100
19,2	e.ov,hb	0,8396	0,0230	0,1005	0,0023	0,82	9,9533	0,2239	0,0604	0,0004	0,0045	0,0039	0,003	0,617	0,013	0,619	0,013	0,612	0,014	100	101
20,1	m.ov,osc	1,1112	0,0268	0,1253	0,0025	0,81	7,9821	0,1564	0,0656	0,0003	0,2356	0,1107	0,376	0,761	0,014	0,759	0,013	0,788	0,011	100	97
21,1	m,p-ov,sz	1,1729	0,0150	0,1293	0,0012	0,72	7,7356	0,0707	0,0655	0,0004	0,2255	0,0952	0,445	0,784	0,007	0,788	0,007	0,788	0,011	99	100
22,1	c.ov,hd	5,3364	0,0632	0,3403	0,0034	0,85	2,9385	0,0295	0,1169	0,0002	0,3257	0,1374	0,718	1,888	0,016	1,875	0,010	1,909	0,003	101	99
22,2	m.ov,hb	1,3032	0,0266	0,1411	0,0015	0,54	7,0849	0,0777	0,0682	0,0009	0,1795	0,0760	0,428	0,851	0,009	0,847	0,012	0,871	0,028	100	98
22,3	e.ov,hb	0,9126	0,0168	0,1077	0,0015	0,73	9,2820	0,1253	0,0613	0,0004	0,0087	0,0051	0,089	0,660	0,008	0,658	0,009	0,645	0,014	100	102
23,1	m,p-ov,sz	1,1172	0,0133	0,1257	0,0012	0,80	7,9552	0,0758	0,0654	0,0003	0,1952	0,0825	0,373	0,763	0,007	0,762	0,006	0,783	0,010	100	98
24,1	m.ov,hd	4,9341	0,0528	0,3191	0,0028	0,82	3,1338	0,0277	0,1130	0,0002	0,0679	0,0286	0,142	1,785	0,014	1,808	0,009	1,849	0,003	99	97
25,1	m.ov,chtz	12,2797	0,1524	0,4799	0,0050	0,85	2,0838	0,0219	0,1866	0,0004	0,0912	0,0385	0,224	2,527	0,022	2,626	0,012	2,715	0,004	96	93
26,1	e.ov,osc	0,7929	0,0090	0,0961	0,0009	0,80	10,4027	0,0948	0,0608	0,0002	0,0027	0,0025	0,005	0,592	0,005	0,593	0,005	0,625	0,008	100	95
27,1	m,p,sz	1,1089	0,0180	0,1258	0,0015	0,72	7,9463	0,0930	0,0646	0,0003	0,2544	0,1075	0,488	0,764	0,008	0,758	0,009	0,758	0,009	101	101
28,1	m,p,sz	1,2729	0,0199	0,1403	0,0019	0,87	7,1294	0,0967	0,0665	0,0004	0,3327	0,1405	0,630	0,846	0,011	0,834	0,009	0,818	0,014	101	103
29,1	c,p-ov,osc	4,5461	0,0494	0,3016	0,0028	0,85	3,3154	0,0307	0,1096	0,0002	0,2502	0,1056	0,536	1,699	0,014	1,739	0,009	1,796	0,004	98	95
30,1	m.ov,hd	1,1440	0,0130	0,1257	0,0012	0,82	7,9532	0,0741	0,0661	0,0002	0,1144	0,0483	0,229	0,763	0,007	0,774	0,006	0,807	0,007	99	95
31,1	c.ov,sz	1,1213	0,0140	0,1252	0,0013	0,81	7,9856	0,0802	0,0658	0,0002	0,1447	0,0612	0,239	0,761	0,007	0,764	0,007	0,796	0,006	100	96
32,1	m.ov,hb	1,1591	0,0132	0,1296	0,0013	0,90	7,7180	0,0789	0,0657	0,0005	0,2212	0,0761	0,474	0,785	0,008	0,782	0,006	0,793	0,016	100	99
33,1	m,p-ov,hb	4,6632	0,0667	0,3016	0,0030	0,69	3,3153	0,0329	0,1129	0,0010	0,3608	0,1240	0,863	1,699	0,015	1,761	0,012	1,849	0,015	97	92
34,1	m.ov,osc	1,1583	0,0138	0,1282	0,0014	0,90	7,7994	0,0848	0,0659	0,0004	0,1382	0,0476	0,315	0,778	0,008	0,781	0,006	0,801	0,011	100	97
35,1	m,p-ov,hd	1,7315	0,0251	0,1723	0,0020	0,79	5,8031	0,0666	0,0742	0,0004	0,1351	0,0464	0,313	1,025	0,011	1,020	0,009	1,049	0,012	100	98
36,1	m,p-ov,hb	2,0658	0,0239	0,1933	0,0019	0,85	5,1728	0,0508	0,0787	0,0005	0,3304	0,1136	0,849	1,139	0,010	1,138	0,008	1,167	0,013	100	98
37,1	m,p-ov,hb	1,1300	0,0122	0,1253	0,0012	0,90	7,9782	0,0772	0,0658	0,0004	0,1928	0,0663	0,479	0,761	0,007	0,768	0,006	0,796	0,012	99	96
37,2	e,p-ov,hb	1,2099	0,0139	0,1331	0,0015	0,90	7,5135	0,0827	0,0662	0,0004	0,1294	0,0447	0,309	0,805	0,008	0,805	0,006	0,809	0,014	100	100
38,1	m,fr,hb	1,1247	0,0143	0,1248	0,0013	0,83	8,0111	0,0840	0,0647	0,0005	0,0934	0,0323	0,238	0,758	0,008	0,765	0,007	0,760	0,015	99	100
39,1	m,p,sz	1,0622	0,0121	0,1187	0,0011	0,83	8,4224	0,0795	0,0650	0,0003	0,2559	0,0879	0,610	0,723	0,006	0,735	0,006	0,772	0,011	98	94
40,1	m,p,sz	1,1761	0,0130	0,1284	0,0012	0,86	7,7900	0,0743	0,0663	0,0004	0,2437	0,0837	0,609	0,779	0,007	0,789	0,006	0,814	0,011	99	96
41,1	m.ov,chtz	1,1886	0,0188	0,1317	0,0019	0,90	7,5911	0,1123	0,0664	0,0004	0,0875	0,0306	0,220	0,798	0,011	0,795	0,009	0,815	0,013	100	98
42,1	m,rd,osc	1,1659	0,0126	0,1292	0,0012	0,87	7,7426	0,0725	0,0661	0,0004	0,1066	0,0367	0,265	0,783	0,007	0,785	0,006	0,807	0,011	100	97
43,1	m,p,hd	1,1385	0,0130	0,1255	0,0012	0,84	7,9689	0,0765	0,0653	0,0004	0,1149	0,0395	0,297	0,762	0,007	0,772	0,006	0,780	0,012	99	98



43.2	e.p.hd	0,8112	0,0175	0,0968	0,0014	0,67	10,3302	0,1487	0,0601	0,0011	0,0172	0,0066	0,006	0,596	0,008	0,603	0,010	0,600	0,039	99	99
44.1	m.p.chz	1,1918	0,0229	0,1314	0,0011	0,42	7,6098	0,0611	0,0654	0,0006	0,1200	0,0372	0,274	0,796	0,006	0,797	0,011	0,784	0,020	100	101
44.2	e.p.hb	0,8844	0,0140	0,1053	0,0009	0,54	9,4943	0,0803	0,0615	0,0005	0,0010	0,0024	0,004	0,646	0,005	0,643	0,008	0,652	0,019	100	99
45.1	m.ov.hd	1,9664	0,0251	0,1864	0,0014	0,57	5,3647	0,0389	0,0768	0,0004	0,3372	0,1037	0,833	1,102	0,007	1,104	0,009	1,117	0,010	100	99
46.1	m.fr.hd	1,1605	0,0162	0,1272	0,0011	0,65	7,8590	0,0709	0,0660	0,0004	0,0605	0,0187	0,129	0,772	0,007	0,782	0,008	0,803	0,011	99	96
46.2	e.fr.hb	1,0066	0,0387	0,1183	0,0017	0,38	8,4559	0,1226	0,0641	0,0022	0,0397	0,0192	0,025	0,721	0,010	0,707	0,019	0,740	0,074	102	97
47.1	m.ov.chz	3,3778	0,0440	0,2570	0,0019	0,58	3,8914	0,0293	0,0859	0,0005	0,1080	0,0332	0,265	1,474	0,010	1,499	0,010	1,551	0,009	98	95
48.1	c.ov.hb	1,1837	0,0150	0,1305	0,0010	0,59	7,6637	0,0575	0,0660	0,0003	0,3383	0,1041	0,855	0,791	0,006	0,793	0,007	0,801	0,011	100	99
49.1	m.p.ov.hb	1,1696	0,0149	0,1283	0,0010	0,58	7,7943	0,0579	0,0660	0,0004	0,1614	0,0497	0,403	0,778	0,005	0,786	0,007	0,804	0,012	99	97
50.1	m.ov.hb	1,3756	0,0248	0,1441	0,0024	0,90	6,9395	0,1171	0,0699	0,0004	0,1099	0,0342	0,213	0,868	0,014	0,879	0,011	0,924	0,012	99	94
51.1	m.p.hb	0,8379	0,0113	0,0993	0,0008	0,57	10,0742	0,0769	0,0603	0,0004	-0,0010	0,0040	0,007	0,610	0,004	0,618	0,006	0,609	0,014	99	100
52.1	m.fr.ov.hd	1,1691	0,0166	0,1295	0,0013	0,71	7,7239	0,0779	0,0663	0,0003	0,0856	0,0264	0,213	0,785	0,007	0,786	0,008	0,813	0,011	100	97
53.1	m.p.chz	1,1934	0,0158	0,1314	0,0011	0,62	7,6104	0,0627	0,0659	0,0003	0,2332	0,0718	0,540	0,796	0,006	0,798	0,007	0,798	0,011	100	100
54.1	m.p.ov.chz	1,1590	0,0136	0,1289	0,0009	0,57	7,7598	0,0523	0,0657	0,0002	0,1682	0,0223	0,325	0,781	0,005	0,781	0,006	0,792	0,008	100	99
55.1	m.p.fr.hd	1,1406	0,0135	0,1267	0,0009	0,58	7,8902	0,0539	0,0660	0,0002	0,2333	0,0306	0,475	0,769	0,005	0,773	0,006	0,803	0,008	100	96
56.1	m.ov.osc	1,9678	0,0244	0,1844	0,0012	0,53	5,4216	0,0356	0,0777	0,0003	0,2483	0,0326	0,480	1,091	0,007	1,105	0,008	1,141	0,009	99	96
57.1	m.p.sz	1,2597	0,0178	0,1386	0,0015	0,78	7,2133	0,0794	0,0664	0,0003	0,2296	0,0302	0,415	0,837	0,009	0,828	0,008	0,817	0,011	101	102
58.1	m.p.sz	1,2401	0,0171	0,1350	0,0011	0,60	7,4094	0,0610	0,0669	0,0003	0,3085	0,0407	0,609	0,816	0,006	0,819	0,008	0,831	0,008	100	98
58.2	e.p.chz	0,8700	0,0106	0,1036	0,0008	0,63	9,6544	0,0747	0,0611	0,0002	0,0049	0,0015	0,008	0,635	0,005	0,636	0,006	0,636	0,008	100	100
59.1	m.p-fr.hd	1,1361	0,0142	0,1266	0,0010	0,62	7,8981	0,0616	0,0653	0,0003	0,3162	0,0417	0,553	0,769	0,006	0,771	0,007	0,780	0,010	100	99
60.1	m.p.ov.hd	1,2942	0,0182	0,1408	0,0014	0,71	7,1017	0,0714	0,0674	0,0004	0,0855	0,0114	0,172	0,849	0,008	0,843	0,008	0,846	0,012	101	100
61.1	m.p.hd	3,5645	0,0614	0,2715	0,0032	0,69	3,6828	0,0436	0,0967	0,0006	0,1371	0,0180	0,236	1,549	0,016	1,542	0,014	1,567	0,011	100	99
61.2	e.p.chz	0,9638	0,0127	0,1142	0,0009	0,59	8,7589	0,0675	0,0629	0,0005	0,0213	0,0036	0,001	0,697	0,005	0,685	0,007	0,700	0,016	102	100
62.1	m.p.osc	1,9174	0,0262	0,1810	0,0016	0,66	5,5263	0,0497	0,0793	0,0004	0,3511	0,0461	0,514	1,072	0,009	1,087	0,009	1,184	0,010	99	91
63.1	m.fr.ov.osc	1,2367	0,0183	0,1361	0,0012	0,60	7,3478	0,0652	0,0667	0,0004	0,0613	0,0084	0,116	0,823	0,007	0,817	0,008	0,824	0,013	101	100
64.1	m.ov.chz	1,1797	0,0164	0,1309	0,0014	0,77	7,6415	0,0822	0,0660	0,0003	0,0711	0,0100	0,123	0,793	0,008	0,791	0,008	0,801	0,011	100	99



### 3.5 AMOSTRA SNA - 180 A

Ponto	Descrição	207/235	1sigma	206/238	1 sigma	coef. corr	238/206	1 sigma	207/206	1 sigma	208/206	1 sigma	Th/U	T206/238	1 sigma	T207/235	1 sigma	T207/206	1 sigma	Concordância (%)		
																				206/238	206/238	207/235
M 237																						
1,1	m,p-ov,osc	16,0050	0,5995	0,5747	0,0214	0,90	1,7401	0,0649	0,2026	0,0009	0,3819	0,0593	1,227	2,927	0,087	2,877	0,035	2,853	0,007	102	103	103
2,1	m,ov,chw	2,5901	0,0963	0,2220	0,0082	0,90	4,5043	0,1662	0,0854	0,0004	0,2856	0,0443	1,032	1,292	0,043	1,298	0,027	1,330	0,009	100	97	97
3,1	m,p-ov,hb	3,3205	0,1234	0,2613	0,0097	0,90	3,8263	0,1413	0,0926	0,0004	0,3613	0,0560	1,247	1,497	0,049	1,486	0,029	1,485	0,009	101	101	101
4,1	e,p,hb	1,8848	0,0710	0,1843	0,0068	0,90	5,4248	0,2011	0,0754	0,0006	0,3076	0,0478	1,068	1,091	0,037	1,076	0,025	1,081	0,015	101	101	101
4,2	m,p,hb	1,8959	0,0716	0,1847	0,0069	0,90	5,4152	0,2011	0,0757	0,0004	0,3964	0,0615	1,437	1,092	0,037	1,080	0,025	1,089	0,011	101	100	100
4,3	e,p,hb	1,9500	0,0764	0,1867	0,0072	0,90	5,3569	0,2056	0,0762	0,0004	0,3002	0,0466	0,979	1,103	0,039	1,098	0,026	1,102	0,012	100	100	100
5,1	m,p-ov,hb	2,2632	0,0853	0,2057	0,0077	0,90	4,8621	0,1814	0,0800	0,0004	0,1642	0,0255	0,508	1,206	0,041	1,201	0,026	1,200	0,011	100	100	100
6,1	e,p,osc	3,3888	0,1279	0,2530	0,0094	0,90	3,9525	0,1472	0,0978	0,0004	0,1285	0,0200	0,402	1,454	0,048	1,502	0,029	1,588	0,008	97	92	92
7,1	m,ov,osc	2,0236	0,0753	0,1901	0,0070	0,90	5,2605	0,1943	0,0766	0,0004	0,1442	0,0225	0,487	1,122	0,038	1,123	0,025	1,113	0,009	100	101	101
8,1	m,ov,osc	4,7336	0,1770	0,3157	0,0117	0,90	3,1674	0,1177	0,1088	0,0005	0,1985	0,0308	0,666	1,769	0,057	1,773	0,031	1,782	0,008	100	99	99
9,1	m,p-ov,hb	1,9524	0,0838	0,1858	0,0080	0,90	5,3815	0,2320	0,0760	0,0010	0,2397	0,0373	0,619	1,099	0,043	1,099	0,028	1,097	0,026	100	100	100
10,1	m,ov,sz	2,0970	0,0820	0,1905	0,0073	0,90	5,2507	0,2022	0,0806	0,0004	0,0212	0,0039	0,172	1,124	0,040	1,148	0,027	1,215	0,011	98	93	93
11,1	e,fr-ov,chw	3,8126	0,2246	0,2821	0,0160	0,90	3,5443	0,2005	0,0988	0,0009	0,1554	0,0243	0,447	1,602	0,080	1,595	0,046	1,608	0,017	100	100	100
12,1	c,fr-ov,chw	4,4439	0,1135	0,3051	0,0074	0,90	3,2778	0,0800	0,1072	0,0005	0,1843	0,0352	0,606	1,716	0,037	1,721	0,021	1,756	0,008	100	98	98
13,1	m,ov,chw	5,3280	0,1520	0,3395	0,0095	0,90	2,9459	0,0822	0,1146	0,0005	0,5658	0,1072	1,563	1,884	0,045	1,873	0,024	1,875	0,008	101	100	100
14,1	m,p-ov,osc	15,5592	0,5457	0,5615	0,0184	0,90	1,7809	0,0583	0,2024	0,0011	0,1804	0,0343	0,609	2,873	0,075	2,850	0,033	2,851	0,009	101	101	101
15,1	m,ov,sz	3,0428	0,0802	0,2483	0,0061	0,90	4,0281	0,0997	0,0885	0,0005	0,4836	0,0915	1,301	1,429	0,032	1,418	0,020	1,399	0,011	101	102	102
16,1	e,p,sz	1,3023	0,0578	0,1426	0,0039	0,62	7,0147	0,1937	0,0679	0,0012	0,1619	0,0336	0,507	0,859	0,022	0,847	0,025	0,863	0,037	101	100	100
17,1	m,p,sz	2,5830	0,0650	0,2273	0,0055	0,90	4,3988	0,1061	0,0826	0,0004	0,1486	0,0281	0,457	1,321	0,029	1,296	0,018	1,265	0,009	102	104	104
17,2	e,p,sz	2,1940	0,0546	0,2008	0,0047	0,90	4,9794	0,1177	0,0809	0,0004	0,0874	0,0170	0,257	1,180	0,025	1,179	0,017	1,222	0,011	100	97	97
18,1	m,fr,hb	2,2509	0,0546	0,2043	0,0048	0,90	4,8936	0,1140	0,0811	0,0004	0,2034	0,0385	0,667	1,199	0,025	1,197	0,017	1,229	0,009	100	98	98
19,1	m,p-fr,sz	2,1281	0,0514	0,1974	0,0046	0,90	5,0659	0,1177	0,0783	0,0004	0,0617	0,0117	0,185	1,161	0,025	1,158	0,017	1,158	0,009	100	100	100
20,1	e,ov,hb	5,3421	0,1537	0,3423	0,0093	0,90	2,9215	0,0790	0,1147	0,0008	0,2471	0,0470	0,831	1,898	0,044	1,876	0,024	1,876	0,013	101	101	101



21,1	m,rd,hb	12,7895	0,3158	0,5046	0,0119	0,90	1,9819	0,0469	0,1862	0,0008	0,2232	0,0423	0,778	2,633	0,051	2,664	0,023	2,711	0,008	99	97
22,1	m,p-fr,osc	2,5211	0,0752	0,2223	0,0062	0,90	4,4990	0,1245	0,0838	0,0006	0,1983	0,0376	0,614	1,294	0,032	1,278	0,021	1,292	0,014	101	100
22,2	e,p-ov,osc	2,4695	0,0883	0,2157	0,0081	0,90	4,6355	0,1735	0,0822	0,0006	0,1233	0,0235	0,387	1,259	0,043	1,263	0,026	1,256	0,014	100	100
23,1	m,ov,osc	3,1439	0,0213	0,2533	0,0016	0,90	3,9475	0,0257	0,0902	0,0005	0,1588	0,0251	0,440	1,456	0,008	1,444	0,005	1,435	0,010	101	101
24,1	m,ov,sz	3,6188	0,0238	0,2746	0,0017	0,90	3,6412	0,0226	0,0955	0,0005	0,2000	0,0317	0,552	1,564	0,009	1,554	0,005	1,543	0,010	101	101
24,2	e,ov,hb	3,6005	0,0361	0,2702	0,0024	0,90	3,7012	0,0334	0,0965	0,0006	0,1621	0,0257	0,473	1,542	0,012	1,550	0,008	1,562	0,011	99	99
25,1	m,p-fr,osc	2,5686	0,0526	0,2307	0,0044	0,90	4,3344	0,0829	0,0819	0,0007	0,2611	0,0430	0,835	1,338	0,023	1,292	0,015	1,247	0,017	104	107
26,1	m,ov,osc	5,6984	0,0911	0,3579	0,0052	0,90	2,7941	0,0405	0,1166	0,0007	0,1485	0,0235	0,434	1,972	0,025	1,931	0,014	1,906	0,011	102	103
27,1	m,p,chtz	1,8460	0,0165	0,1795	0,0012	0,74	5,5710	0,0369	0,0753	0,0007	0,3250	0,0515	0,786	1,064	0,006	1,062	0,006	1,077	0,018	100	99
27,2	e,p,chtz	1,7467	0,0114	0,1722	0,0010	0,90	5,8081	0,0348	0,0731	0,0004	0,2497	0,0395	0,683	1,024	0,006	1,026	0,004	1,017	0,012	100	101
28,1	m,ov,chtz	2,2643	0,0157	0,2089	0,0014	0,90	4,7873	0,0311	0,0784	0,0004	0,1042	0,0165	0,331	1,223	0,007	1,201	0,005	1,160	0,011	102	105
29,1	m,ov,osc	2,1133	0,0151	0,1954	0,0011	0,78	5,1165	0,0284	0,0792	0,0005	0,1291	0,0205	0,351	1,151	0,006	1,153	0,005	1,180	0,013	100	98
30,1	m,p-ov,sz	2,8565	0,0489	0,2393	0,0036	0,87	4,1780	0,0623	0,0878	0,0009	0,3481	0,0554	0,829	1,383	0,019	1,371	0,013	1,383	0,019	101	100
31,1	m,p,osc	16,3049	0,3313	0,5728	0,0120	0,90	1,7457	0,0364	0,2116	0,0025	0,0120	0,0052	0,042	2,919	0,049	2,895	0,019	2,924	0,019	101	100
32,1	m,ov,hd	2,8788	0,0199	0,2400	0,0016	0,90	4,1664	0,0269	0,0864	0,0005	0,0087	0,0015	0,020	1,387	0,008	1,376	0,005	1,354	0,010	101	102
33,1	m,ov,hd	2,9664	0,0550	0,2563	0,0039	0,82	3,9020	0,0593	0,0877	0,0009	0,1956	0,0313	0,700	1,471	0,020	1,399	0,014	1,381	0,020	105	106
34,1	m,ov,osc	6,7689	0,0999	0,3874	0,0047	0,82	2,5812	0,0311	0,1266	0,0006	0,2459	0,0229	0,804	2,111	0,022	2,082	0,013	2,049	0,008	101	103
35,1	m,ov,chtz	2,4796	0,0455	0,2170	0,0033	0,82	4,6077	0,0694	0,0823	0,0004	0,1763	0,0164	0,550	1,266	0,017	1,266	0,013	1,256	0,009	100	101
35,2	m,ov,chtz	2,5821	0,0367	0,2262	0,0026	0,81	4,4214	0,0510	0,0826	0,0004	0,1508	0,0140	0,447	1,314	0,014	1,296	0,010	1,264	0,009	101	104
36,1	m,ov,hb	2,7801	0,0448	0,2358	0,0031	0,82	4,2407	0,0558	0,0861	0,0004	0,2099	0,0195	0,651	1,365	0,016	1,350	0,012	1,345	0,009	101	101
37,1	m,ov,osc	4,0793	0,1783	0,2889	0,0157	0,90	3,4614	0,1886	0,1019	0,0011	0,1126	0,0108	0,318	1,636	0,078	1,650	0,035	1,664	0,020	99	98
37,2	e,ov,osc	3,7594	0,0577	0,2841	0,0036	0,83	3,5202	0,0449	0,0994	0,0009	0,0909	0,0087	0,253	1,612	0,018	1,584	0,012	1,618	0,016	102	100
38,1	m,ov,chtz	4,7476	0,0649	0,3184	0,0036	0,82	3,1411	0,0351	0,1088	0,0005	0,1216	0,0113	0,387	1,782	0,017	1,776	0,011	1,783	0,008	100	100
38,2	e,ov,osc	5,0852	0,0866	0,3342	0,0048	0,85	2,9919	0,0434	0,1111	0,0005	0,0394	0,0037	0,119	1,859	0,023	1,834	0,014	1,819	0,009	101	102
39,1	e,ov,hb	14,3644	0,3878	0,5602	0,0148	0,90	1,7850	0,0473	0,2028	0,0015	0,1073	0,0101	0,045	2,868	0,061	2,774	0,025	2,855	0,012	103	100
40,1	m,fr,hb	4,1662	0,1059	0,2944	0,0052	0,70	3,3969	0,0600	0,1010	0,0007	0,2706	0,0254	1,228	1,663	0,026	1,667	0,021	1,647	0,013	100	101
41,1	m,p-ov,chtz	5,4028	0,1955	0,3390	0,0122	0,90	2,9500	0,1064	0,1153	0,0008	0,4916	0,0457	1,199	1,882	0,059	1,885	0,031	1,885	0,013	100	100
41,2	m,p-ov,chtz	5,2924	0,1221	0,3387	0,0068	0,87	2,9525	0,0590	0,1153	0,0008	0,3053	0,0284	1,036	1,880	0,033	1,868	0,020	1,885	0,012	101	100
42,1	m,p,osc	4,9004	0,0761	0,3280	0,0045	0,88	3,0491	0,0417	0,1117	0,0007	0,3215	0,0301	0,835	1,829	0,022	1,802	0,013	1,829	0,011	101	100



43,1	m,p-fr,osc	2,4603	0,0673	0,2143	0,0060	0,90	4,6654	0,1316	0,0839	0,0003	0,1292	0,0204	0,435	1,252	0,032	1,260	0,020	1,295	0,008	99	97
43,2	m,p-fr,osc	2,7007	0,0769	0,2278	0,0066	0,90	4,3902	0,1269	0,0851	0,0004	0,1282	0,0207	0,465	1,323	0,034	1,329	0,021	1,322	0,008	100	100
44,1	m,ov,osc	3,4961	0,0962	0,2725	0,0077	0,90	3,6701	0,1037	0,0944	0,0004	0,3097	0,0489	1,096	1,553	0,039	1,526	0,021	1,522	0,008	102	102
44,2	e,ov,osc	3,3194	0,0982	0,2600	0,0078	0,90	3,8463	0,1150	0,0937	0,0004	0,2862	0,0453	0,948	1,490	0,040	1,486	0,023	1,507	0,008	100	99
45,1	e,p,hb	2,7614	0,2544	0,2368	0,0126	0,58	4,2226	0,2248	0,0871	0,0110	0,3082	0,0729	0,345	1,370	0,065	1,345	0,066	1,367	0,225	102	100
46,1	m,p-ov,chw	4,1913	0,1663	0,2989	0,0117	0,90	3,3458	0,1308	0,1045	0,0011	0,2744	0,0437	0,877	1,686	0,058	1,672	0,032	1,709	0,019	101	99
47,1	m,p-ov,hb	6,2974	0,3030	0,3734	0,0220	0,90	2,6784	0,1575	0,1287	0,0022	0,2942	0,0471	0,714	2,045	0,102	2,018	0,041	2,078	0,029	101	98
47,2	m,p-ov,osc	5,7569	0,4173	0,3599	0,0247	0,90	2,7783	0,1905	0,1322	0,0022	0,2542	0,0415	0,771	1,982	0,116	1,940	0,061	2,125	0,029	102	93
48,1	m,p-fr,osc	2,0403	0,0591	0,1943	0,0057	0,90	5,1469	0,1504	0,0767	0,0004	0,1448	0,0233	0,491	1,145	0,031	1,129	0,020	1,117	0,009	101	102
48,2	e,p-fr,osc	2,1341	0,0622	0,2017	0,0060	0,90	4,9569	0,1466	0,0786	0,0004	0,1814	0,0287	0,558	1,185	0,032	1,160	0,020	1,166	0,011	102	102
49,1	m,ov,chw	3,0289	0,1003	0,2480	0,0079	0,90	4,0316	0,1286	0,0899	0,0007	0,1568	0,0250	0,674	1,428	0,041	1,415	0,025	1,429	0,014	101	100
50,1	e,p,sz	2,0109	0,0620	0,1926	0,0060	0,90	5,1927	0,1623	0,0760	0,0004	0,2464	0,0393	0,717	1,135	0,032	1,119	0,021	1,097	0,011	101	103
51,1	e,p,sz	2,5139	0,0821	0,2235	0,0071	0,90	4,4744	0,1420	0,0819	0,0006	0,0461	0,0073	0,155	1,300	0,037	1,276	0,023	1,249	0,014	102	104
52,1	m,ov,hb	3,4083	0,0932	0,2590	0,0080	0,90	3,8612	0,1196	0,0925	0,0009	0,1797	0,0158	0,497	1,485	0,041	1,506	0,021	1,484	0,019	99	100
53,1	m,p-ov,hb	2,3211	0,0388	0,2081	0,0030	0,85	4,8058	0,0686	0,0808	0,0003	0,2715	0,0236	0,815	1,219	0,016	1,219	0,012	1,221	0,008	100	100
54,1	m,ov,osc	5,9251	0,2966	0,3509	0,0206	0,90	2,8495	0,1672	0,1204	0,0007	0,3737	0,0336	0,878	1,939	0,098	1,965	0,043	1,961	0,011	99	99
55,1	m,ov,osc	4,6978	0,3764	0,3369	0,0245	0,90	2,9679	0,2158	0,1148	0,0014	0,3273	0,0299	0,853	1,872	0,117	1,767	0,065	1,877	0,022	106	100
56,1	e,p,hd	2,9408	0,4710	0,2445	0,0390	0,90	4,0905	0,6524	0,0891	0,0050	0,2276	0,0309	0,444	1,410	0,199	1,392	0,115	1,413	0,103	101	100
57,1	m,ov,osc	2,9549	0,0390	0,2497	0,0025	0,77	4,0040	0,0406	0,0869	0,0004	0,2852	0,0244	0,814	1,437	0,013	1,396	0,010	1,363	0,008	103	105
58,1	m,p-ov,chw	6,8380	0,2934	0,4003	0,0183	0,90	2,4982	0,1141	0,1309	0,0025	0,7503	0,0652	1,941	2,170	0,084	2,091	0,037	2,107	0,032	104	103
59,1	m,ov-fr,chw	6,7232	0,1829	0,3839	0,0084	0,80	2,6047	0,0570	0,1305	0,0013	0,3368	0,0297	1,241	2,095	0,039	2,076	0,024	2,102	0,017	101	100
60,1	m,p,sz	2,6792	0,1952	0,2278	0,0183	0,90	4,3900	0,3535	0,0844	0,0006	0,1508	0,0137	0,429	1,323	0,096	1,323	0,052	1,307	0,013	100	101
60,2	m,p,sz	2,8232	0,1269	0,2362	0,0124	0,90	4,2345	0,2220	0,0864	0,0007	0,1885	0,0163	0,481	1,367	0,064	1,362	0,033	1,352	0,016	100	101
61,1	m,p-ov,hb	2,0246	0,0292	0,1937	0,0022	0,78	5,1624	0,0579	0,0771	0,0006	0,5771	0,0502	2,746	1,141	0,012	1,124	0,010	1,126	0,015	102	101
62,1	m,ov,sz	2,0304	0,0421	0,1920	0,0035	0,87	5,2090	0,0937	0,0771	0,0006	0,3496	0,0303	0,956	1,132	0,019	1,126	0,014	1,127	0,016	101	100
63,1	m,ov,osc	4,7906	0,0679	0,3200	0,0034	0,75	3,1247	0,0331	0,1090	0,0005	0,3408	0,0292	1,153	1,790	0,017	1,783	0,012	1,786	0,008	100	100



### 3.6 AMOSTRA SNA - 201

Ordem	Descrição	207/235	1sigma	206/238	1sigma	coef. corr	238/206	1sigma	207/206	1sigma	208/206	1sigma	Th/U	T206/238	1sigma	T207/235	1sigma	T207/206	1sigma	Concordância (%)	
																				206/238	207/235
M 237																					
1,1	m,rd,hd	0,9663	0,0188	0,1135	0,0014	0,62	8,8110	0,1072	0,0627	0,0006	0,2195	0,0554	0,411	0,693	0,008	0,587	0,010	0,692	0,019	101	100
2,1	m,fr,hb	1,4846	0,0296	0,1524	0,0020	0,67	6,5625	0,0871	0,0702	0,0006	0,1343	0,0339	0,259	0,914	0,011	0,924	0,012	0,932	0,018	99	98
3,1	m,rd,-hd	11,7842	0,2275	0,4848	0,0058	0,62	2,0628	0,0248	0,1770	0,0015	0,4124	0,1040	0,922	2,548	0,025	2,587	0,018	2,626	0,015	98	97
3,2	e,rd,hb	0,7969	0,0170	0,0959	0,0015	0,74	10,4306	0,1652	0,0614	0,0007	0,0159	0,0066	0,007	0,590	0,009	0,595	0,010	0,648	0,023	99	91
4,1	m,fr,-hd	9,1024	0,1763	0,4227	0,0051	0,62	2,3657	0,0285	0,1566	0,0014	0,3863	0,0974	0,848	2,273	0,023	2,348	0,018	2,416	0,015	97	94
5,1	m,fr-ov,hb	1,2763	0,0295	0,1394	0,0023	0,70	7,1733	0,1168	0,0675	0,0007	0,1966	0,0500	0,402	0,841	0,013	0,835	0,013	0,851	0,021	101	99
6,1	m,fr-ov,osc	0,8801	0,0170	0,1044	0,0012	0,62	9,5771	0,1146	0,0614	0,0005	0,1888	0,0476	0,382	0,640	0,007	0,641	0,009	0,647	0,019	100	99
6,2	m,fr-ov,osc	1,2698	0,0252	0,1357	0,0018	0,65	7,3689	0,0951	0,0682	0,0006	0,1221	0,0309	0,270	0,820	0,010	0,832	0,011	0,872	0,019	99	94
7,1	m,ov,hb	1,5984	0,0310	0,1609	0,0021	0,67	6,2146	0,0805	0,0735	0,0007	0,1309	0,0334	0,251	0,962	0,012	0,970	0,012	1,028	0,020	99	94
8,1	m,rd,osc	1,1496	0,0225	0,1290	0,0016	0,62	7,7512	0,0947	0,0659	0,0006	0,3134	0,0791	0,651	0,782	0,009	0,777	0,011	0,798	0,020	101	98
9,1	m,fr-rd,hd	9,0439	0,1766	0,4162	0,0051	0,62	2,4028	0,0293	0,1587	0,0014	0,1604	0,0404	0,349	2,243	0,023	2,342	0,018	2,439	0,015	96	92
10,1	m,ov,hb	1,1213	0,0221	0,1268	0,0019	0,75	7,8850	0,1162	0,0659	0,0008	0,1684	0,0440	0,341	0,770	0,011	0,764	0,011	0,799	0,026	101	96
11,1	e,fr,osc	1,2141	0,0238	0,1315	0,0016	0,64	7,6028	0,0953	0,0659	0,0006	0,2523	0,0636	0,496	0,797	0,009	0,807	0,011	0,799	0,020	99	100
12,1	m,fr,osc	5,9062	0,0867	0,3614	0,0059	0,90	2,7667	0,0450	0,1207	0,0005	0,0693	0,0168	0,159	1,989	0,028	1,962	0,013	1,967	0,008	101	101
12,2	e,fr,hd	6,5365	0,1051	0,3848	0,0066	0,90	2,5989	0,0448	0,1343	0,0010	0,0114	0,0028	0,030	2,099	0,031	2,051	0,014	2,151	0,013	102	98
13,1	m,fr,osc	1,0299	0,0145	0,1173	0,0016	0,90	8,5245	0,1160	0,0634	0,0004	0,2078	0,0503	0,479	0,715	0,009	0,719	0,007	0,717	0,013	99	100
14,1	m,fr,osc	0,9277	0,0135	0,1088	0,0015	0,90	9,1933	0,1253	0,0617	0,0005	0,2122	0,0514	0,476	0,666	0,009	0,666	0,007	0,659	0,017	100	101
15,1	m,fr,osc	1,1100	0,0134	0,1234	0,0017	0,90	8,1012	0,1122	0,0655	0,0002	0,1885	0,0457	0,395	0,750	0,010	0,758	0,006	0,785	0,008	99	96
16,1	m,ov,osc	1,1274	0,0161	0,1275	0,0019	0,90	7,8408	0,1151	0,0640	0,0005	0,2803	0,0681	0,676	0,774	0,011	0,767	0,008	0,736	0,018	101	105
17,1	m,ov,osc	0,9819	0,0170	0,1142	0,0021	0,90	8,7548	0,1607	0,0628	0,0007	0,2589	0,0629	0,451	0,697	0,012	0,695	0,009	0,695	0,022	100	100
17,2	e,ov,hb	0,8626	0,0196	0,1038	0,0022	0,90	9,6303	0,2023	0,0611	0,0010	-0,0013	0,0060	0,018	0,637	0,013	0,632	0,011	0,636	0,034	101	100
18,1	m,p,sz	1,0041	0,0132	0,1173	0,0016	0,90	8,5240	0,1189	0,0621	0,0004	0,2129	0,0516	0,502	0,715	0,009	0,706	0,007	0,672	0,012	101	106
19,1	m,ov,hb	0,8633	0,0146	0,1031	0,0015	0,83	9,6958	0,1364	0,0611	0,0007	0,4768	0,1155	1,128	0,633	0,008	0,632	0,008	0,636	0,026	100	99



20,1	m,fr,osc	1,3505	0,0170	0,1425	0,0020	0,90	7,0180	0,1001	0,0690	0,0002	0,1375	0,0333	0,333	0,859	0,011	0,868	0,007	0,896	0,007	99	96
21,1	m,ov,sz	24,4567	0,5998	0,6651	0,0159	0,90	1,5034	0,0360	0,2689	0,0014	0,2423	0,0587	0,684	3,287	0,061	3,287	0,024	3,295	0,008	100	100
22,1	m,fr,osc	1,2639	0,0147	0,1368	0,0018	0,90	7,3114	0,0987	0,0673	0,0002	0,0926	0,0224	0,225	0,826	0,010	0,830	0,007	0,843	0,007	100	98
23,1	m,ov,osc	1,1874	0,0164	0,1323	0,0015	0,83	7,5599	0,0861	0,0654	0,0005	0,2260	0,0510	0,498	0,801	0,009	0,795	0,008	0,782	0,015	101	102
24,1	m,fr-ov,hd	1,2676	0,0168	0,1357	0,0015	0,81	7,3702	0,0791	0,0675	0,0005	0,1284	0,0290	0,298	0,820	0,008	0,831	0,007	0,850	0,015	99	97
25,1	m,fr,hb	1,6824	0,0271	0,1677	0,0022	0,82	5,9635	0,0786	0,0730	0,0005	0,3941	0,0888	0,913	0,999	0,012	1,002	0,010	1,014	0,015	100	99
26,1	m,p-ov,osc	0,9046	0,0121	0,1055	0,0012	0,82	9,4756	0,1035	0,0624	0,0005	0,1855	0,0419	0,422	0,647	0,007	0,654	0,006	0,683	0,016	99	95
27,1	e,ov,chw	0,8048	0,0113	0,0963	0,0011	0,81	10,3798	0,1183	0,0610	0,0005	0,0098	0,0026	0,002	0,593	0,006	0,600	0,006	0,632	0,016	99	94
28,1	m,ov,osc	0,9263	0,0129	0,1088	0,0013	0,83	9,1929	0,1063	0,0629	0,0005	0,2659	0,0501	0,545	0,666	0,007	0,666	0,007	0,698	0,018	100	95
28,2	e,ov,chw	0,9448	0,0222	0,1105	0,0032	0,90	9,0490	0,2642	0,0619	0,0009	0,0048	0,0106	0,008	0,676	0,019	0,675	0,012	0,664	0,032	100	102
29,1	c,ov,hb	1,9450	0,0332	0,1815	0,0025	0,80	5,5095	0,0757	0,0778	0,0006	0,2043	0,0462	0,522	1,075	0,014	1,097	0,011	1,146	0,017	98	94
29,2	e,ov,osc	1,0376	0,0148	0,1180	0,0015	0,89	8,4760	0,1071	0,0637	0,0005	0,0192	0,0049	0,024	0,719	0,009	0,723	0,007	0,726	0,016	99	99
30,1	m,ov,osc	1,5351	0,0204	0,1541	0,0017	0,82	6,4893	0,0705	0,0717	0,0005	0,2607	0,0588	0,562	0,924	0,009	0,945	0,008	0,978	0,015	98	95
31,1	m,fr-ov,chw	1,3667	0,0182	0,1451	0,0016	0,81	6,8911	0,0747	0,0688	0,0005	0,3757	0,0847	0,871	0,874	0,009	0,875	0,008	0,892	0,015	100	98
32,1	m,p,sz	1,7568	0,0265	0,1733	0,0022	0,86	5,7716	0,0747	0,0735	0,0006	0,3306	0,0751	0,742	1,030	0,012	1,030	0,010	1,028	0,017	100	100
33,1	m,fr,osc	1,7357	0,0288	0,1724	0,0026	0,90	5,8020	0,0863	0,0731	0,0007	0,0971	0,0225	0,201	1,025	0,014	1,022	0,011	1,018	0,020	100	101
34,1	m,ov,hd	1,3576	0,0092	0,1436	0,0005	0,57	6,9640	0,0267	0,0690	0,0007	0,0646	0,0095	0,142	0,865	0,003	0,871	0,004	0,895	0,021	99	97
35,1	m,p-ov,sz	1,5055	0,0109	0,1566	0,0008	0,68	6,3872	0,0315	0,0695	0,0007	0,1415	0,0219	0,279	0,938	0,004	0,933	0,004	0,913	0,021	101	103
36,1	m,ov,osc	1,8486	0,0146	0,1662	0,0011	0,75	6,0171	0,0399	0,0726	0,0008	0,3730	0,0554	0,696	0,991	0,006	0,989	0,006	1,003	0,022	100	99
37,1	m,fr,osc	1,2670	0,0101	0,1367	0,0006	0,55	7,3138	0,0323	0,0671	0,0007	0,3959	0,0584	0,847	0,826	0,003	0,831	0,005	0,839	0,022	99	99
38,1	c,p-fr,hd	1,1439	0,0089	0,1291	0,0007	0,71	7,7443	0,0428	0,0642	0,0006	0,2415	0,0356	0,566	0,783	0,004	0,774	0,004	0,744	0,021	101	105
39,1	c,ov,chw	1,9801	0,0565	0,1884	0,0010	0,19	5,3081	0,0294	0,0745	0,0017	0,3728	0,0552	0,835	1,113	0,006	1,109	0,019	1,056	0,046	100	105
40,1	m,ov,chw	1,2581	0,0199	0,1368	0,0009	0,41	7,3106	0,0470	0,0670	0,0011	0,2014	0,0307	0,469	0,826	0,005	0,827	0,009	0,835	0,035	100	99
41,1	e,p-fr,hd	0,7982	0,0094	0,0953	0,0006	0,53	10,4878	0,0658	0,0610	0,0007	-0,0039	0,0025	0,007	0,587	0,004	0,596	0,005	0,635	0,026	99	93
42,1	m,ov,chw	10,1364	0,0709	0,4624	0,0018	0,55	2,1628	0,0083	0,1596	0,0016	0,4619	0,0679	1,040	2,450	0,008	2,447	0,006	2,448	0,017	100	100
43,1	m,fr-ov,osc	1,1399	0,0374	0,1286	0,0018	0,43	7,7732	0,1090	0,0647	0,0018	0,2648	0,0400	0,532	0,780	0,010	0,772	0,018	0,762	0,059	101	102
44,1	m,ov,hd	0,9814	0,0098	0,1142	0,0009	0,75	8,7544	0,0655	0,0630	0,0007	0,2575	0,0385	0,469	0,697	0,005	0,694	0,005	0,704	0,022	100	99
45,1	m,fr-ov,hd	6,0180	0,0384	0,3572	0,0011	0,49	2,7992	0,0088	0,1235	0,0012	0,1565	0,0230	0,350	1,969	0,005	1,978	0,006	2,006	0,017	100	98
46,1	m,fr,hb	6,6295	0,0442	0,3641	0,0013	0,52	2,7464	0,0095	0,1316	0,0013	0,3996	0,0587	0,893	2,002	0,006	2,063	0,006	2,117	0,017	97	95



47,1	m,p,osc	1,0694	0,0075	0,1206	0,0011	0,90	8,2938	0,0791	0,0639	0,0004	0,2558	0,1847	0,413	0,734	0,007	0,738	0,004	0,732	0,014	99	100
48,1	m,ov,hd	1,1209	0,0057	0,1249	0,0009	0,90	8,0088	0,0601	0,0647	0,0003	0,3006	0,2170	0,511	0,758	0,005	0,763	0,003	0,759	0,011	99	100
48,2	m,ov,sz	1,7392	0,0388	0,1725	0,0037	0,90	5,7979	0,1246	0,0734	0,0004	0,3874	0,2798	0,795	1,026	0,020	1,023	0,014	1,026	0,012	100	100
49,1	m,fr,hb	1,1422	0,0066	0,1267	0,0011	0,90	7,8931	0,0656	0,0650	0,0004	0,1997	0,1442	0,324	0,769	0,006	0,774	0,003	0,772	0,012	99	100
50,1	m,fr,chw	1,1824	0,0106	0,1299	0,0014	0,90	7,7010	0,0828	0,0654	0,0004	0,3061	0,2212	0,531	0,787	0,008	0,792	0,005	0,784	0,014	99	100
51,1	m,p-ov,osc	1,0671	0,0077	0,1185	0,0010	0,90	8,4400	0,0731	0,0653	0,0003	0,4778	0,3450	0,769	0,722	0,006	0,737	0,004	0,779	0,011	98	93
52,1	c,ov,hb	1,1490	0,0110	0,1311	0,0011	0,90	7,6267	0,0656	0,0658	0,0006	0,3153	0,2276	0,574	0,794	0,006	0,777	0,005	0,797	0,018	102	100
53,1	m,fr-ov,chw	1,0477	0,0055	0,1202	0,0010	0,90	8,3174	0,0662	0,0638	0,0003	0,1547	0,1117	0,254	0,732	0,006	0,728	0,003	0,729	0,011	101	100
54,1	m,fr,hd	1,1658	0,0139	0,1296	0,0017	0,90	7,7159	0,1009	0,0652	0,0003	0,1550	0,1119	0,261	0,786	0,010	0,785	0,007	0,775	0,011	100	101
55,1	m,fr,osc	1,3494	0,0071	0,1438	0,0011	0,90	6,9522	0,0530	0,0675	0,0004	0,7529	0,5435	1,296	0,866	0,006	0,867	0,003	0,852	0,011	100	102
56,1	m,fr,osc	1,0839	0,0062	0,1228	0,0009	0,90	8,1405	0,0608	0,0639	0,0003	0,3571	0,2578	0,635	0,747	0,005	0,746	0,003	0,733	0,011	100	102
57,1	e,p-ov,chw	0,8265	0,0094	0,0969	0,0008	0,72	10,3153	0,0847	0,0604	0,0004	0,0077	0,0061	0,006	0,596	0,005	0,612	0,005	0,613	0,015	98	97
58,1	m,ov,osc	1,0012	0,0057	0,1130	0,0009	0,90	8,8522	0,0710	0,0645	0,0004	0,1617	0,1173	0,229	0,690	0,005	0,704	0,003	0,752	0,013	98	92







#### 4.1 Elementos maiores e menores

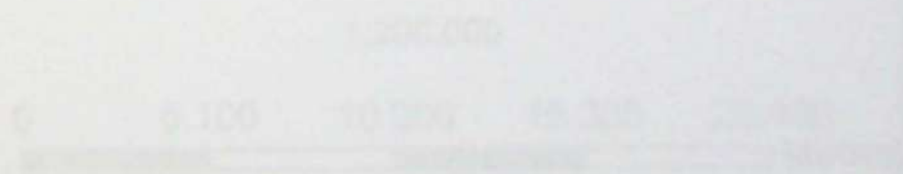
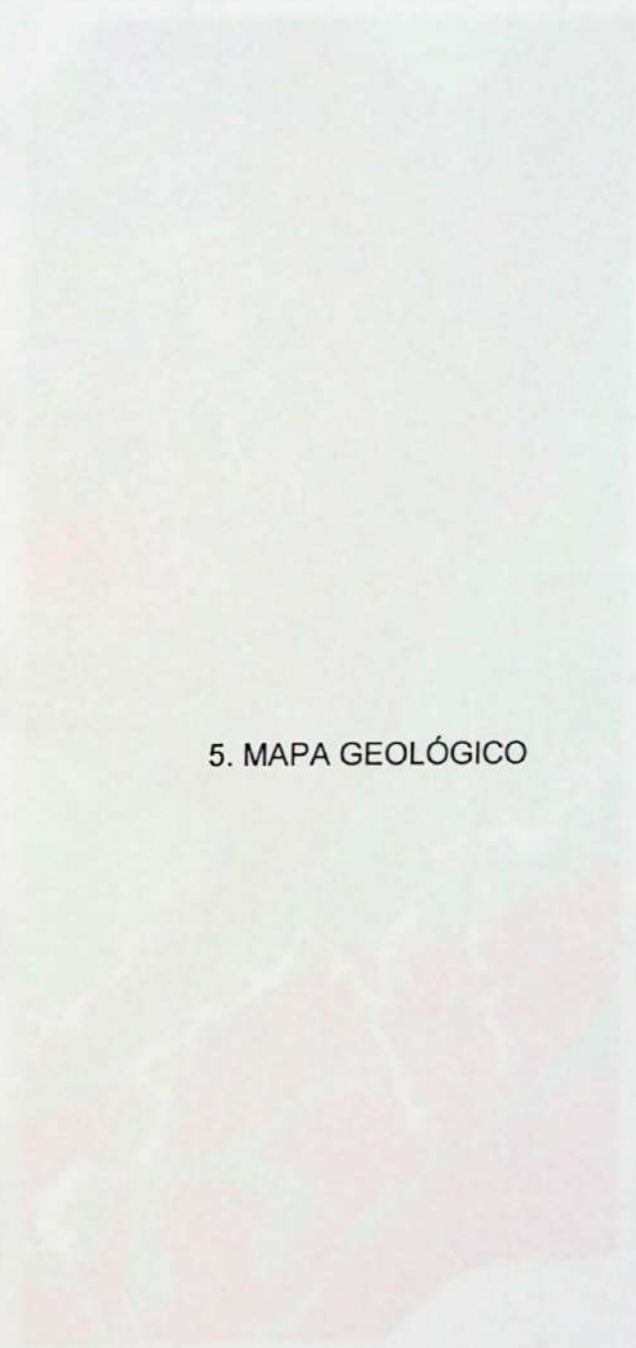
	SNA-169 13/460	SNA-172E 13/461	SNA-175 13/462	SNA-201 13/463
SiO <sub>2</sub>	61,37	70,20	57,49	64,83
TiO <sub>2</sub>	1,344	0,717	0,994	0,831
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,46	13,35	20,96	15,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,68	4,64	9,42	6,97
MnO	0,088	0,075	0,146	0,119
MgO	1,64	1,30	2,66	3,39
CaO	0,88	2,24	0,35	2,40
Na <sub>2</sub> O	0,96	2,46	0,77	2,56
K <sub>2</sub> O	3,13	3,52	4,55	2,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,445	0,204	0,109	0,207
Loi	2,59	< 0.01	1,80	0,61
Total	98,59	98,71	99,25	99,20

#### 4.2 Elementos traço

Ba	558	611	612	450
Ce	84	106	87	38
Co	11	14	21	21
Cr	99	38	108	98
Cu	53	8	21	61
Ga	21	17	27	16
La	45	43	36	29
Nb	20	14	16	9
Nd	44	56	30	13
Ni	40	25	35	62
Pb	13	13	20	6
Rb	130	164	222	66
Sc	18	<14	19	16
Sr	115	138	72	181
Th	20	23	21	7
U	7	6	8	5
V	133	51	146	152
Y	44	41	39	28
Zn	96	60	131	101
Zr	304	295	163	157
Cl	< 50	< 50	< 50	< 50
F	1042	982	1191	869
S	11619	< 550	< 550	< 550

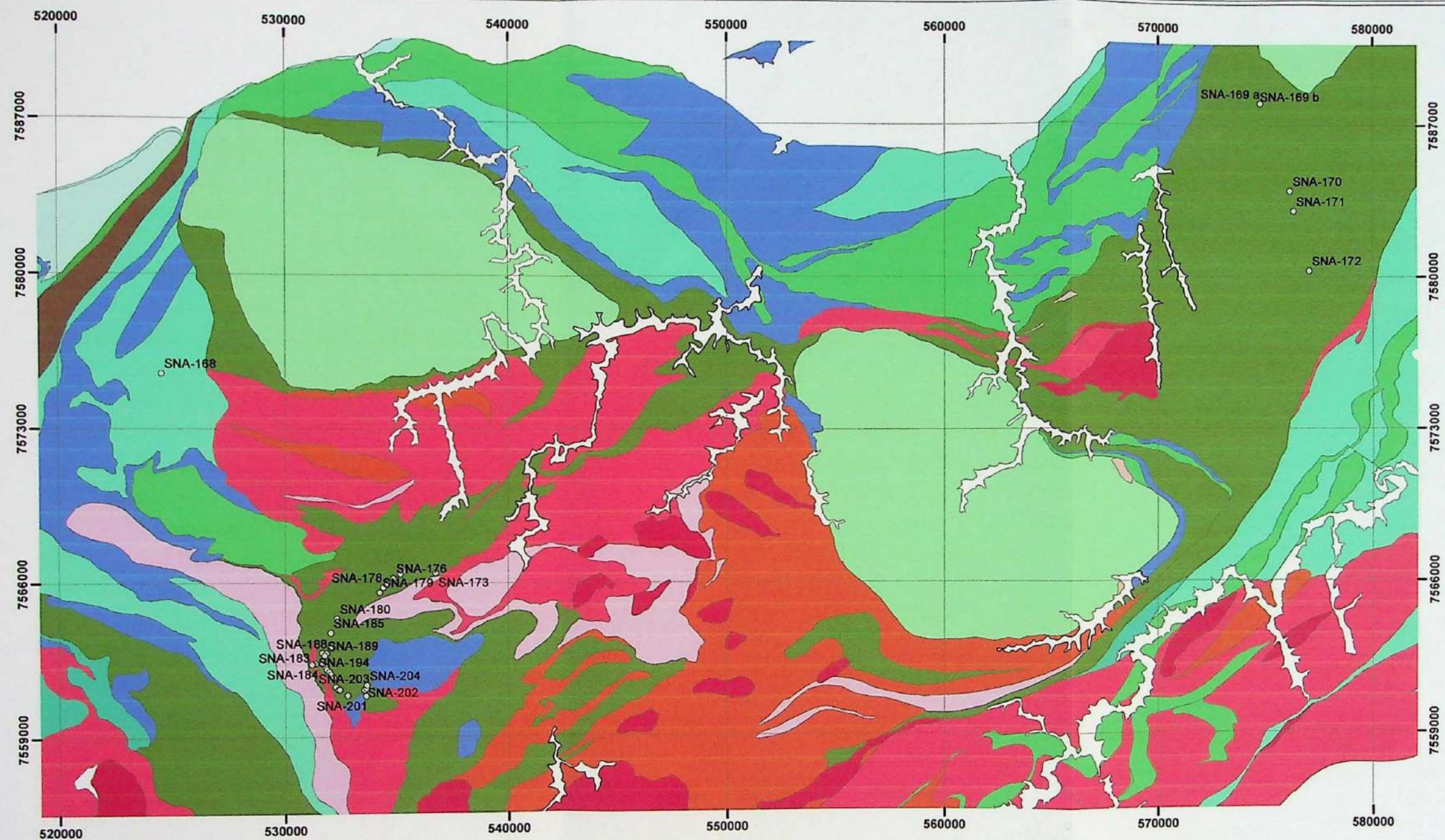


## 5. MAPA GEOLÓGICO



Escuela de Ingeniería de Minas y Geología, Universidad de Chile





### LEGENDA

Aluviões e Coluviões

Bt granodiorito gnaiss, Bt migmatitos

Bt tonalito gnaiss bandado com rochas metamáficas

Bt-Rt-Ky-Sil-Grt-Msp-(Pl-Mc) granulito gnaiss

Cal-Ep-Pl-Bt gnaiss granoblástico fino

Grt-Bt-Pl-Qtz xisto homogêneo

Leucogranito

Ms- Bt diatexito gnaissico com Grt e Tur

Quartzito

Quartzito e Ms quartzito

Rt-Ky (Sil)-Pl-Grt-Ms-Bt-Qtz xisto porfiroblástico

Rt-Ky (Sil)-Pl-Grt-Ms-Bt-Qtz xisto porfiroblástico

Sequência Xisto-Quartzítica

Sequência Metapsamítica - Quartzitos Pacote

1:200.000

0 5.100 10.200 15.300 20.400 Metros

Modificado de Paciullo et al. 2002 e Trouw et al. 2002 a, b



