



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**Mapeamento geológico da região de Quitaiús (CE) –
Complexo Granjeiro – Província Borborema**

Autor: Pedro Ivo Casagrande

Orientador: Ticiano José Saraiva dos Santos

Co-orientador: Matheus Fernando Ancelmi

Campinas, dezembro/2013.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**Mapeamento geológico da região de Quitaiús (CE) –
Complexo Granjeiro – Província Borborema**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado em 5 de dezembro de
2013 para obtenção do título de
Bacharel em Geologia pelo Instituto de
Geociências da UNICAMP.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral

Ms. Danilo Barbuena

Campinas, dezembro/2013.

*A natura faz escolha
E ensina tudo sem mágoa
Peixe mergulhar na água
Que chega a água faz bolha
No canto aonde tem folha
Formiga corre atrás
Avestruz correr demais
E não consumir gasolina
Só a natureza ensina
Tudo isso e muito mais.*

*("Só a natureza ensina, tudo isso e muito mais", autores: Raimundo Nonato
e Nonato Costa, repentistas de Lavras da Mangabeira)*

*Dedico este trabalho à minha família, pela confiança e apoio incondicional.
À minha esposa Fernanda e ao meu filho Felipe que foram a principal
inspiração por conseguir traçar este caminho até aqui.*

Agradecimentos

Chegando ao fim de uma etapa, dura e árdua, por onde tivemos que enfrentar e superar todas as dificuldades que aparecem por todos os lados, tive sorte de sempre poder contar, primeiramente com o apoio familiar que mesmo distante, sempre foi indispensável, além do carinho e total de dedicação de minha mulher Fernanda, sem vocês não teria chegado até aqui.

Agradecer pelas verdadeiras amizades cultivadas ao longo desses anos, a Família Meca, Guilherme, Burca, Levi, Juninho, Amarildo, Cássio, Maurício, Gabriel, e a todos que passaram por essa casa, foram momentos que sempre levarei comigo.

Aos grandes e velhos amigos de Botucatu que sempre me incentivaram a correr atrás.

Pela realização do nosso projeto idealizado pelo Matheus “Ceará Dreams”, agora ele virou realidade. Claro que não posso deixar de enfatizar os eternos companheiros dessa aventura: Levi, Fox e Jow, obrigado pelos momentos que vivemos e pela perseverança no resgate, sem vocês eu realmente teria passado por dificuldades ainda maiores.

Ao orientador Ticiano, por ter confiado e ter dado esta oportunidade que apenas veio a agregar tanto no âmbito da ciência geológica em si, mas também no conhecimento da vida e cultura do Sertão do Cariri.

Ao povo do Sertão do Cariri pela hospitalidade e trocas de idéias sempre construtivas vendo sempre a simplicidade das coisas...

Ao amigo Levi e sua família por tudo que fez por mim.

Aos professores e funcionários do instituto, a Patrícia (SAE) pela compreensão, e por todos que de alguma maneira estiveram ao meu lado nesta trajetória.

Muito obrigado.

Resumo

Este trabalho consiste no mapeamento geológico da região do distrito de Quitauís, pertencente ao município de Lavras da Mangabeira, no Estado do Ceará, em escala 1:25.000, que abrange uma área de 100 km² inserida no Domínio Rio Grande do Norte, na Província Borborema. Tendo como foco a caracterização geológica, análise estrutural e metamórfica para a região. Foram mapeadas duas grandes unidades geológicas distintas, sendo a Sequência metavulcanossedimentar interpretada como parte do Complexo Granjeiro, de idade Neoarqueana. Esta unidade encontra-se intrudida por ortognaisse paleoproterozóico e biotita granito neoproterozóico. A Sequência Lavras da Mangabeira, representa uma sequência supracrustal de idade neoproterozóica, e é composta por xistos, quartzitos e filito. As unidades encontram-se intensamente deformadas e milonitizadas. A área mapeada está inserida num contexto estrutural relacionado à zonas de cisalhamento dextrais brasilianas, sendo marcante a influência do Lineamento Patos, responsável pela implantação do *trend* regional SW-NE e E-W e faixas miloníticas. Assim a estruturação da área se deu pela implantação de rampas laterais oblíquas referentes a evolução do regime transpressional que afetou a região, e um modelo evolutivo foi gerado a partir da interpretação dos dados obtidos no mapeamento.

Abstract

This work consists of the geological mapping of the district Quitauís region , belonging to Lavras da Mangabeira , in Ceará , scale 1:25,000 , covering an area of 100 km² inserted Domain Rio Grande do Norte , in the Province Borborema . Focusing on the geological characterization , structural and metamorphic analysis for the region . Two large distinct geological units were mapped , and the sequence metavulcanossedimentar interpreted as part of the Complex Grantham , age Nearqueana . This unit lies orthogneiss intruded by Paleoproterozoic and Neoproterozoic biotite granite. The Lavras Sequence Mangabeira , represents a supracrustal sequence of Neoproterozoic age, and is composed of schist, quartzite and phyllite . The units are strongly deformed and milonitizadas . The mapped area is inserted in a structural context related to the Brasileiro dextral shear zones , with the remarkable influence of the Patos Lineament , responsible for implementing the regional *trend* NE - SW and EW and mylonitic bands . Thus the structure of the area is given by the implementation of lateral oblique ramps concerning the evolution of transpressional regime that affected the region , and an evolutionary model was generated from the interpretation of data obtained in the mapping.

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
1. Introdução	14
1.1. Apresentação	14
1.2. Objetivos	15
1.3. Localização da área de estudo e vias principais.....	15
1.4. Aspectos fisiográficos	17
2. Materiais e Métodos	19
3. Contexto Geológico Regional	24
3.1. Síntese Regional	24
3.2. Subprovíncia Setentrional.....	29
3.2.1. Domínio Médio Coreaú	29
3.2.2. Domínio Ceará Central	30
3.2.3. Domínio Rio Grande do Norte.....	32
3.3. Terreno Granjeiro.....	33
3.3.1. Arqueano- Complexo Granjeiro.....	34
3.3.2. Proterozóico- Sequência Lavras da Mangabeira	36
4. Aspectos geológicos locais	38
4.1. Unidades Cartografadas	43
4.1.1. Sequência metavulcanossedimentar.....	43
4.1.2. Sequência Lavras da Mangabeira.....	48
4.1.3. Granitóides	50
5. Petrografia e Metamorfismo	52
5.1. Sequência Metavulcanossedimentar.....	52

5.1.1. Muscovita-Biotita Gnaiss	52
5.1.2. Hornblenda Augen Gnaiss	53
5.1.3. Anfibolito	58
5.1.4. Tremolitito	60
5.2. Sequência Lavras da Mangabeira	62
5.2.1. Granada-cordierita-biotita xisto	62
5.3. Granitóide	65
5.4. Intrusões Tardi-Brasilianas	67
5.4.1. Pegmatitos	67
5.4.2. Dique ácidos aplíticos	68
5.4.3. Dique máfico	69
6. Contexto Estrutural	71
6.1. Fase Deformacional (Dn-1) - Pré- Brasileiro	74
6.2. Fase Deformacional (Dn e Dn+1)- Brasileiro	77
6.3. Síntese estrutural	82
7. Evolução Geotectônica	84
8. Considerações finais	87
9. Referências	89

1. Introdução

1.1. Apresentação

Este Trabalho de Conclusão de Curso refere-se ao mapeamento geológico e caracterização do Complexo Granjeiro, situado na Província Borborema, no estado do Ceará, no município de Lavras da Mangabeira (CE), mais especificamente no distrito de Quitaiús.

O Complexo Granjeiro é caracterizado por rochas, de idade arqueana a paleoproterozóica formado por gnaisses orto e paraderivados intercalados com uma sequência metavulcano-sedimentar associada a metabásicas, metaultramáficas, xistos, quartzitos, calcissilicática, *metacherts* e formações ferríferas bandadas, que podem ser relacionadas a um fragmento de crosta oceânica antiga.

A Província Borborema constitui uma área importante do ponto de vista geológico, pois agrupa terrenos arqueanos e paleoproterozóicos afetados pelos eventos Transamazônico e Brasileiro. Os registros paleoproterozóicos são de caráter reliquiar, com o predomínio do evento Brasileiro – responsável pela estruturação geral da Província Borborema – caracterizado por intenso magmatismo granítico e implantação de grandes zonas de cisalhamento.

Apesar de muito estudada, a Província Borborema carece ainda de mapas de detalhe da região de estudo proposta por este trabalho. Os mapas existentes são disponíveis em escala 1:500.000, referente a folha SB.24-Z – Jaguaribe SE do projeto Levantamentos Geológicos básicos do Brasil da CPRM, 2000. Vários trabalhos enfocando aspectos petrológicos, de geologia estrutural e geocronologia foram realizados na Província, porém de modo isolado, o que torna difícil a integração em âmbito regional.

Devido ao potencial econômico da Província Borborema, principalmente nos seus terrenos arqueanos, mapas de maior detalhe foram realizados por empresas privadas. Esse investimento deve-se às inúmeras ocorrências de mineralizações registradas na região, tais como o depósito do tipo skarn e pegmatitos associados a terrenos arqueanos e neoproterozóicos; rochas máficas e ultramáficas com mineralização sulfetada Ferro, Níquel e Cobre, em óxidos de ferro, titânio e vanádio; amianto, talco e metais raros associados a Província Pegmatítica da Borborema.

Este trabalho foi elaborado, portanto, com as ferramentas obtidas ao longo do curso de Geologia, como mapeamento, petrografia, análise estrutural e sensoriamento remoto. Tais ferramentas contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, a fim de auxiliar em uma melhor compreensão da evolução geotectônica em que a região está inserida.

1.2. Objetivos

O mapeamento geológico e estrutural na escala 1:25.000 foi realizado com a finalidade de obter, em escala de maior detalhe, o arcabouço tectônico do Complexo Granjeiro na região de Quitaiús (CE).

Assim o presente trabalho tem como principal objetivo a caracterização do Complexo Granjeiro a partir da realização de descrições petrográficas das unidades mapeadas e análise estrutural tendo como resultado um mapa geológico e uma evolução tectonometamórfica para a região.

1.3. Localização da área de estudo e vias principais

O distrito de Quitaiús, pertencente ao município de Lavras da Mangabeira. Está localizado a 417 quilômetros de Fortaleza, entre as cidades de Granjeiro a

leste, Aurora a oeste, Caririçu ao sul e ao norte Lavras da Mangabeira.(Figura 1.1).

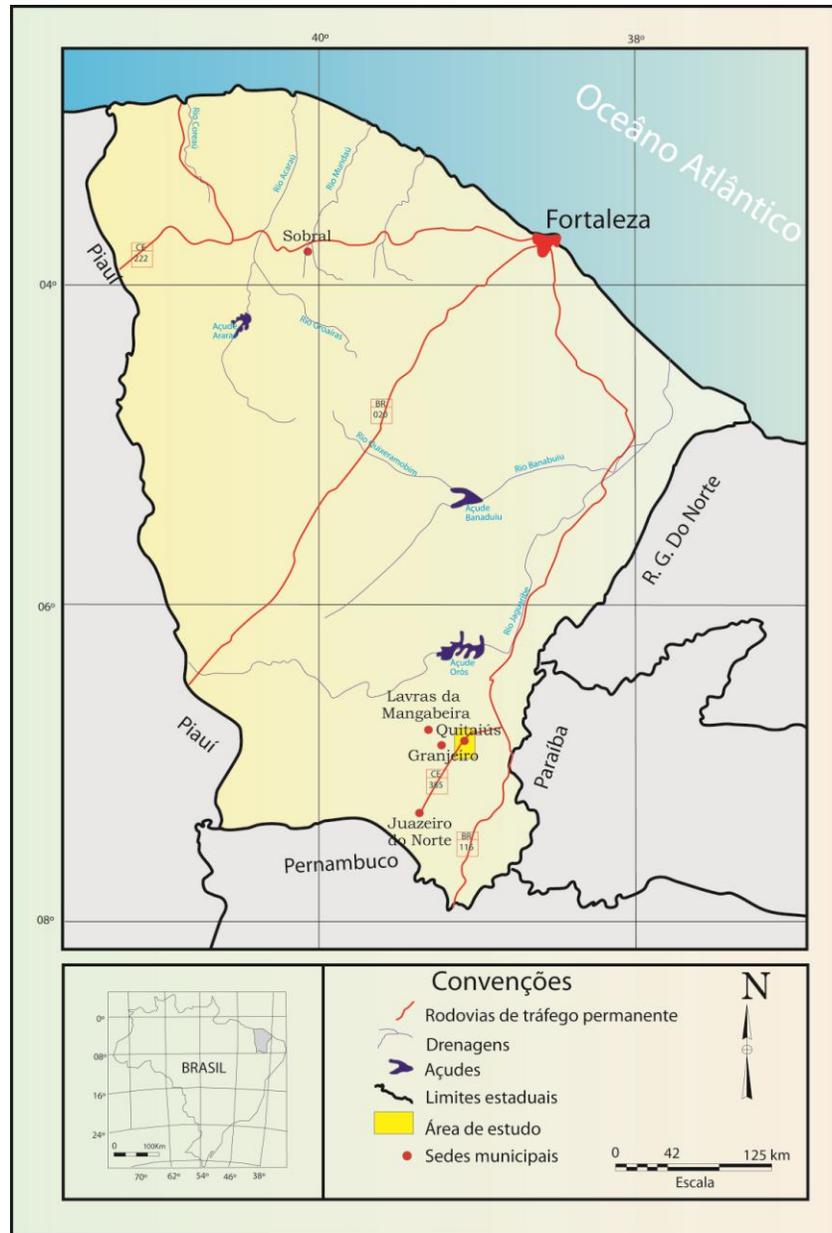


Figura 1.1. Mapa rodoviário do Estado do Ceará, contendo os municípios, e o trajeto entre Fortaleza até Quitaiús. Extraído de <http://mapas.ipece.ce.gov.br>.

1.4. Aspectos fisiográficos

A região onde foi realizado o mapeamento possui clima semiárido quente e seco com três estações bem definidas pelos períodos de chuva. De modo geral, possui verão muito quente e seco com temperatura média de 36 °C, nos meses de outubro a dezembro, a partir de janeiro começa o período chuvoso até abril, sendo este, composto por chuvas torrenciais. A terceira estação apresenta temperaturas amenas com média de 21 °C, constituindo outro período de seca e ventos nos meses de junho a setembro. A pluviosidade média anual é de 750 mm, estando a região inserida no “Polígono das secas”.

Na área mapeada o clima apresenta pequenas variações, principalmente pela presença da Serra do Aningá e do Açude do Rosário (Figura1.2.), tornando a temperatura mais amena que a região.

A paisagem regional é marcada pela depressão sertaneja com a ocorrência de rochas xistosas e gnáissica constituindo uma área de baixas altitudes que variam entre 320 a 570 metros, com terrenos planos a ondulados. Ocorrem ainda serras, serrotes e morros, como Serrote Três Irmãos e a Serra da Aningá, constituídos por granitóides e migmatitos mais resistentes a ação erosiva. As serras possuem um fundamental papel no regime pluviométrico na região.

A vegetação é composta por plantas de pequeno porte (Figura1.2.), arbustivas, com galhos retorcidos espinhosas e com raízes profundas como as Juremas, e também cactus Mandacaru e Xique-Xique. Nas áreas de vales, planícies aluviais e alto dos morros ocorrem árvores de grande porte.



Figura 1.2. Paisagem da área no mês de julho, início do período de seca, indicando o tipo da vegetação, o Açude do Rosário extremamente seco, e ao fundo a Serra da Aninga.

A hidrografia da área é diretamente relacionada às condições do clima da região sendo os rios e riachos intermitentes com regime torrencial devido as irregulares precipitações. O Riacho do Rosário é um rio perene e nele foi construído a represa que alterou a dinâmica das bacias hidrográficas da região. As drenagens são de controle estrutural seguindo os lineamentos nas direções NE-SW e E-W. O padrão de drenagem é subdentrítico.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi dividido em três etapas: pré-campo (aquisição e preparação de imagens); etapa do campo (obtenção de dados) e etapa pós campo (preparação, análise e interpretação dos dados obtidos em campo).

Na etapa pré-campo foi realizada a obtenção e integração dos dados disponíveis sobre a região a ser mapeada como: levantamento, compilação, análise e integração de dados bibliográficos. Relatórios de pesquisa, artigos científicos e técnicos além de dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Para a realização da fointerpretação, mapas pré-campo, realizada a partir de imagens de satélite Landsat 7 ETM+ e de radar SRTM com cenas 217/65 adquiridas em 25/10/2000. Imagens obtidas em: <<http://glovis.usgs.gov/>> e <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/>>.

Esta etapa do trabalho foi realizada no Laboratório de Processamento de Informações Georreferenciadas, LAPIG, onde foi utilizada técnicas de processamento digital de imagens, a partir do software ENVI 4.8, como composições coloridas baseadas em realce digital combinando três bandas espectrais através de croes primárias gerando composições de imagens de falsa-cor, como a área mapeada tem clima semi-árido de vegetação de pequeno porte, há facilidades quanto a identificação de afloramentos, através das técnicas de PDI para obtenção de lineamentos estruturais, diferenciar e estabelecer contatos entre litotipos e identificar corpos d'água. A confecção do pré-mapa foi realizada no ArcMap 10.1.

As imagens Landsat 7 ETM+ possuem 8 bandas espectrais, sendo a banda 8 pancromática de resolução espacial de 15 metros. A partir do ENVI foram feitas composições coloridas de falsa cor 731, 531, 431 para realçar possíveis estruturas e lineamentos, identificar e auxiliar no contato entre diferentes litotipos e determinar corpos d'água (figura 2.1.).

A etapa de campo foi realizada de 17 de julho a 2 de agosto, compreendendo 13 dias de mapeamento efetivo. O reconhecimento regional foi realizado num dia com o co-orientador Ms. Matheus Ancelmi com o intuito de reconhecer as principais unidades da área e outros dois dias para organização e logística.

O mapeamento geológico e estrutural na escala de 1:25.000 abrangendo uma área de 100 km² foi realizado com o objetivo de identificar as unidades e individualizar os litotipos presentes a partir de descrições macroscópicas de mineralogia, cor, grau de alteração intempérica, localização geográfica, medidas estruturais de foliação e lineação, coleta de amostras representativas das unidades mapeadas para estudo petrográfico. Foram descritos cerca de 100 afloramentos, localizados por GPS, modelo Garmin. O resultado desta etapa foi um mapa geológico de campo e um mapa de pontos plotados na carta topográfica.

Na etapa pós-campo foi realizado a análise e interpretação dos dados obtidos em campo; foram confeccionadas 20 lâminas delgadas para estudo petrográfico afim de estabelecer relações microestruturais, metamórficas e alteração hidrotermal com a identificação das paragêneses minerais. Para interpretação e elaboração de domínios estruturais e relações entre as deformações, os dados estruturais obtidos em campo, foram processados no software *StereoNett* versão 1.0.0.1 e representados na forma de gráficos e digramas.

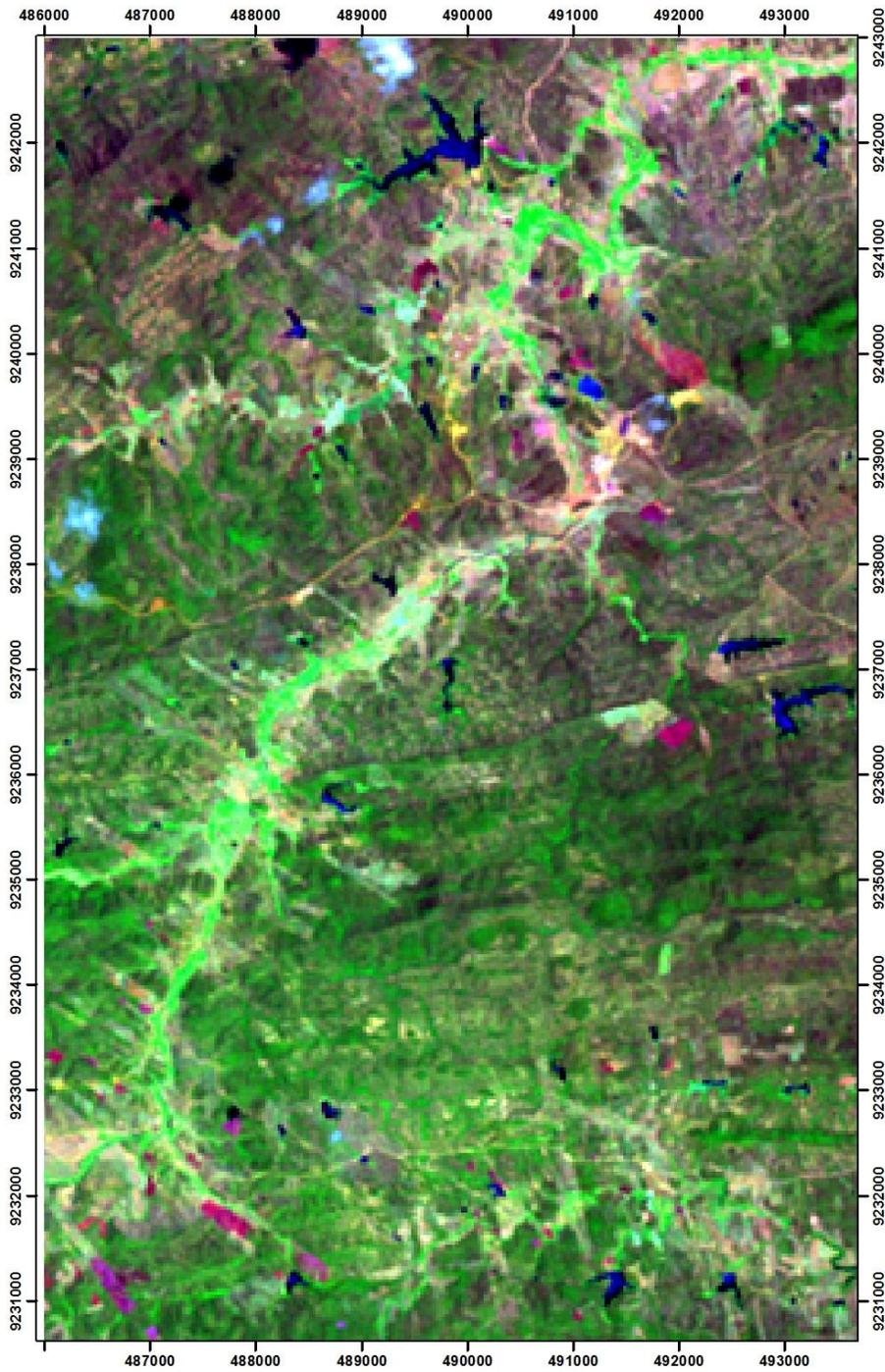


Figura 2.1. Composição 731 realçando diferentes litotipos, óxido de ferro, e corpos d'água.

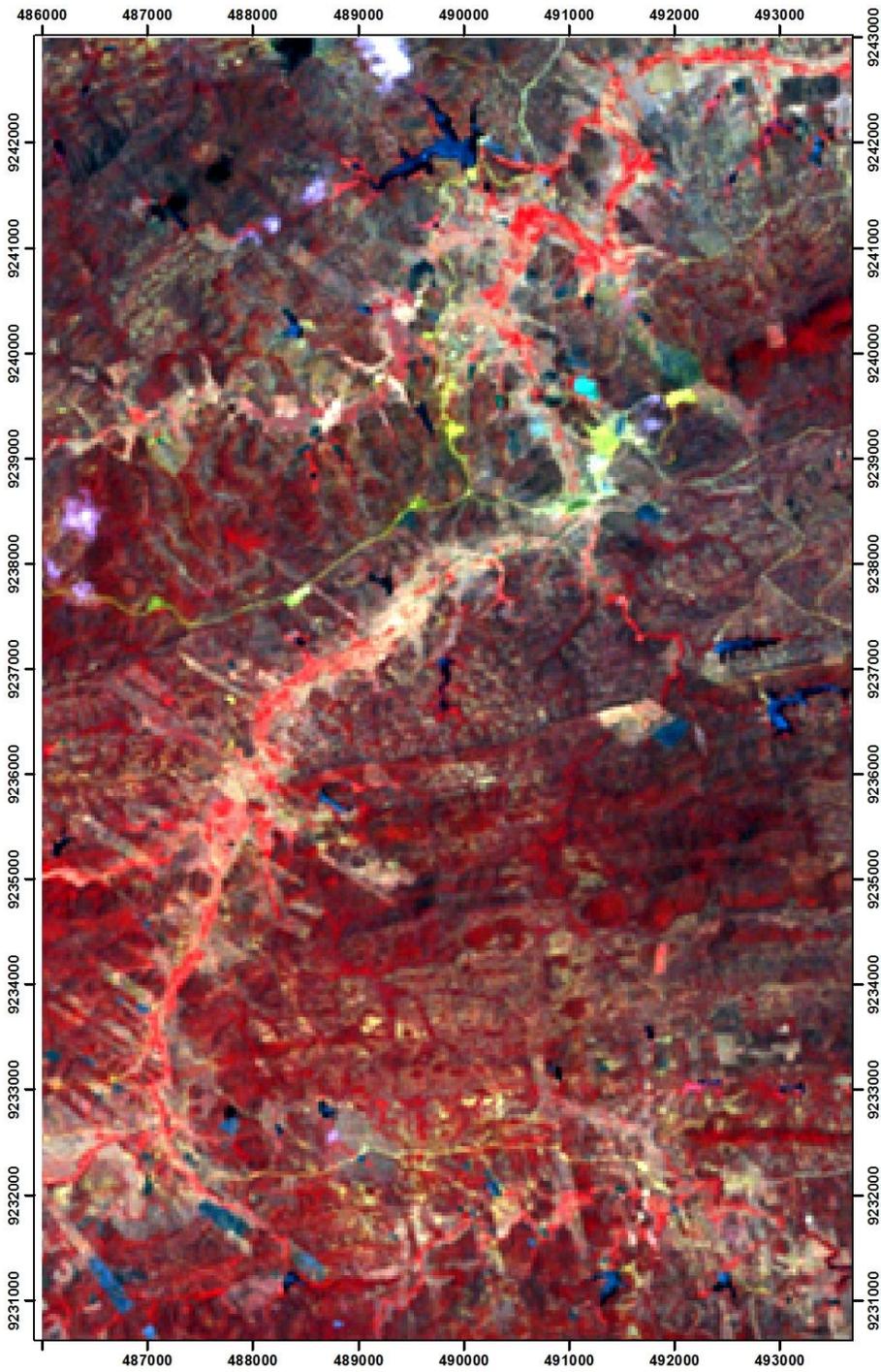
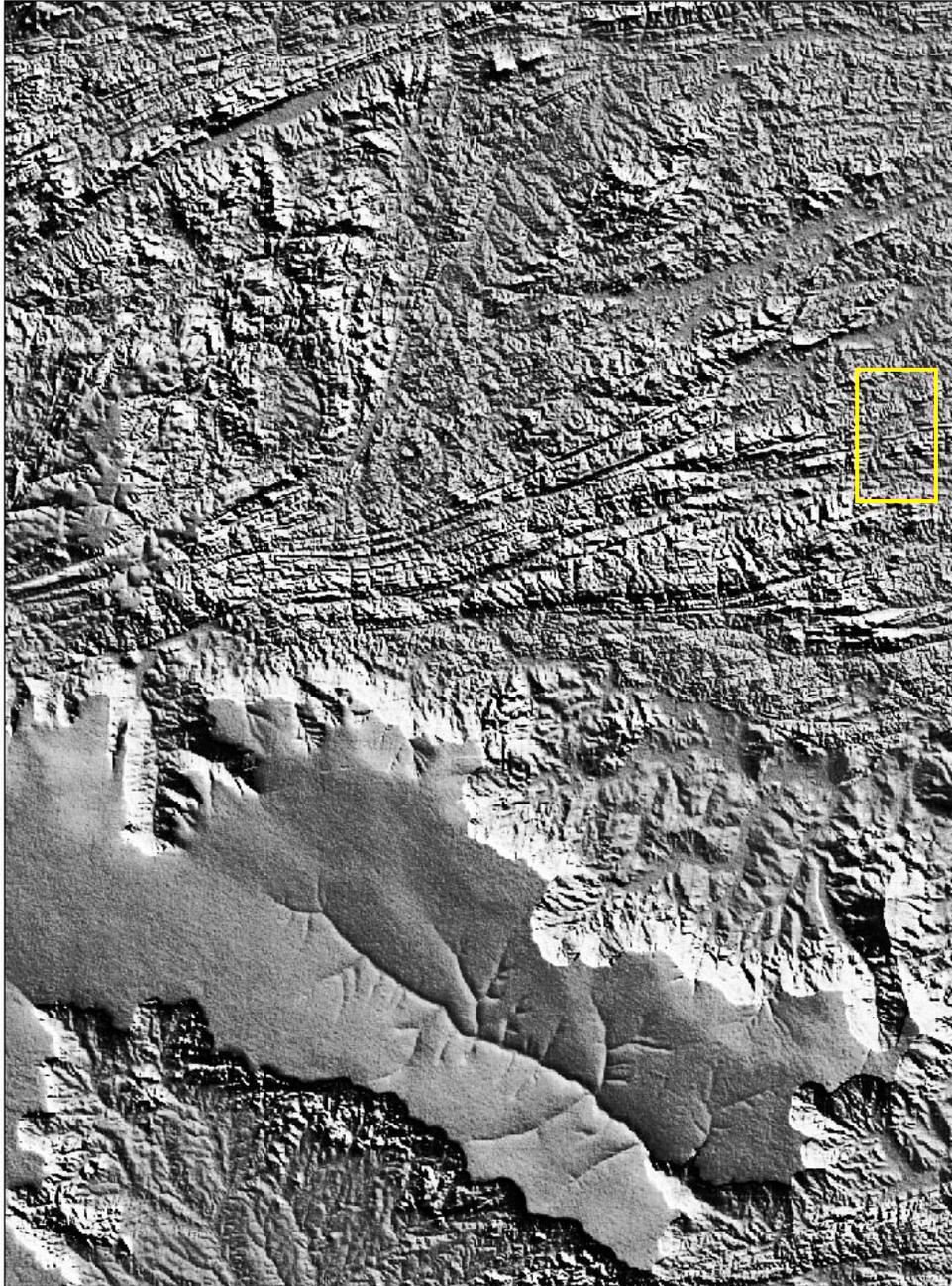


Figura 2.2. Composição 431 realçando diferentes litotipos, óxido de ferro, e corpos d'água.

Figura 2.3. Imagem SRTM da área demonstrando os lineamentos regionais. Em destaque área mapeada.



3. Contexto Geológico Regional

3.1. Síntese Regional

A Província Borborema situa-se no nordeste do Brasil inserida na parte nordeste da Plataforma Sul-Americana. Abrange uma área de aproximadamente 500 Km², limitada ao sul pelo cráton São Francisco e a oeste pela Bacia do Parnaíba. Foi descrita como faixa de dobramentos de rochas supracrustais arqueanas e paleoproterozóicas Almeida et al. 1977.

A Província Borborema, de idade pré-cambriana, teve seus registros referente ao Ciclo Transamazônico obliterados devido atuação de eventos tectônicos posteriores, principalmente no que se refere a atuação do ciclo Brasileiro/Pan-Africano Almeida (1981) marcado pelo desenvolvimento de grandes zonas de cisalhamento transcorrentes observadas tanto na província como em seu equivalente africano nas Províncias Dahomey e Central Africana Fetter (2003) e Santos et. al. (2008), além do intenso magmatismo granítico, assim a Província Borborema resulta da convergência dos crátons Amazônico, Oeste-Africano, São Luis e São Francisco, sendo parte do supercontinente Gondwana Ocidental (Figura 3.1.), assim possui em seu território núcleos Arqueanos preservados e eventos relacionados ao Ciclo Transamazônico apenas no que se refere ao seu embasamento.

Seu território e arcabouço geotectônico foi desenvolvido pelos eventos proterozóicos que possuem registros relacionados a prováveis paleossuturas associadas ao fechamento de antigos oceanos como a Orogênese Cariris- Velho datada do início do Mesoproterozoico (1100 Ma) ao início do Neoproterozoico Brito Neves et al.1995 e principalmente pela Orogênese Brasileira (600 Ma) responsável pela estruturação e formação do arcabouço geotectônico da Província Borborema.

O magmatismo relacionado a Orogênese Brasileira, é responsável pela marcante presença de granitóides classificados como pré, sin e tardi tectônicos.

Brito Neves (2003) obteve idade de cristalização U-Pb em zircão entre 630 a 620 Ma para granitos pré-tectônicos aluminosos relacionados ao espessamento crustal podem ser considerados parte do embasamento e se encontram gnaissificados ou foliados, Nogueira (2004) obteve idades de cristalização U-Pb entre 580 e 590 Ma contemporânea a Orogênese Brasileira, sendo estes granitos de textura fina, e classificados como Biotita-granito ocorrendo em plutons de grande expressão e associados a zonas de cisalhamento rúptil-dúctil, os granitos tardi-tectônicos 545 - 520 Ma ocorrem em pequenos plutons circulares e não apresentam deformação, possuem relação com os eventos de extrusão tectônica referente a colagem orogênica Brasileiro-Pan Africana, que antecedeu a consolidação do supercontinental Gondwana Ocidental, Brito Neves et al.2003.

Por se tratar de uma área muito bem estudada, a Província Borborema, foi ao longo dos anos estudada, definida e redefinida por diversos autores.

Segundo Almeida et al. (1981), a Província Borborema é composta por um embasamento arqueano e paleoproterozóico, coberturas proterozóicas dobradas e batólitos graníticos relacionados ao ciclo Brasileiro. Santos e Brito Neves (1984) agruparam a província em unidades metassedimentares e metavulcânicas proterozóicas, sendo estas unidades cortadas por extensas zonas de cisalhamento dúcteis.

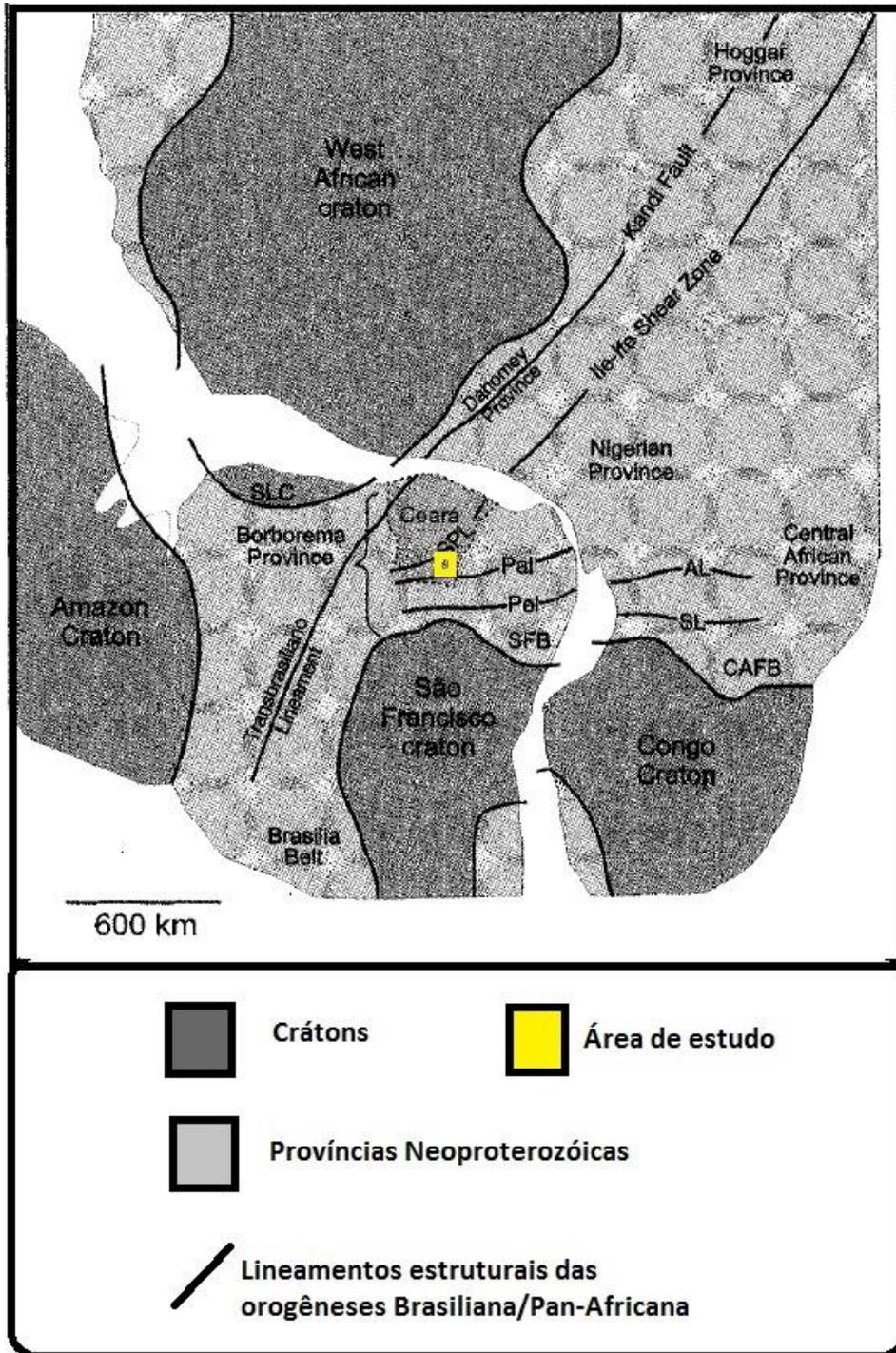


Figura 3.1. Reconstrução simplificada de parte do Gondwana Ocidental mostrando os crátons, províncias Brasileanas/Pan-Africanas e os lineamentos estruturais: AG Lineamento Adamaoua , CAFB- Cinturão Africano Central., PaL- Lineamento Patos, SFB- Faixa Sergipana, SL- Lineamento Sanaga, SPL- Lineamento Senador Pompeu. Modificado de Fetter 2003.

Baseado na integração de vários modelos de compartimentação e nos conceitos de domínios estruturais, Jardim de Sá et al. (1992, 1994) a classificou, em um domínio estrutural transversal sob forte influência de grandes zonas de cisalhamento ao norte, o Lineamento Patos e, ao sul, o Lineamento Pernambuco.

Van Schmus et al. (1995) a dividiu em dois domínios, Norte e Sul, sendo o Domínio Norte subdividido em três partes por Brito Neves et al. (2000), e com base na litoestratigrafia, feições estruturais, geocronologia e geofísica Santos et al 1997 e Brito Neves et al 2000 caracterizaram a província em três diferentes Subprovíncias estruturais: Setentrional, Transversal e Meridional. (Figura 3.2.).

Santos (1996) dividiu a província em 21 terrenos tectonestratigráficos, sendo a área de estudo inserida no Domínio Rio Grande do Norte, Terreno Granjeiro. O trabalho de Brito Neves et al. (2000) reconheceu cinco principais domínios tectônicos.

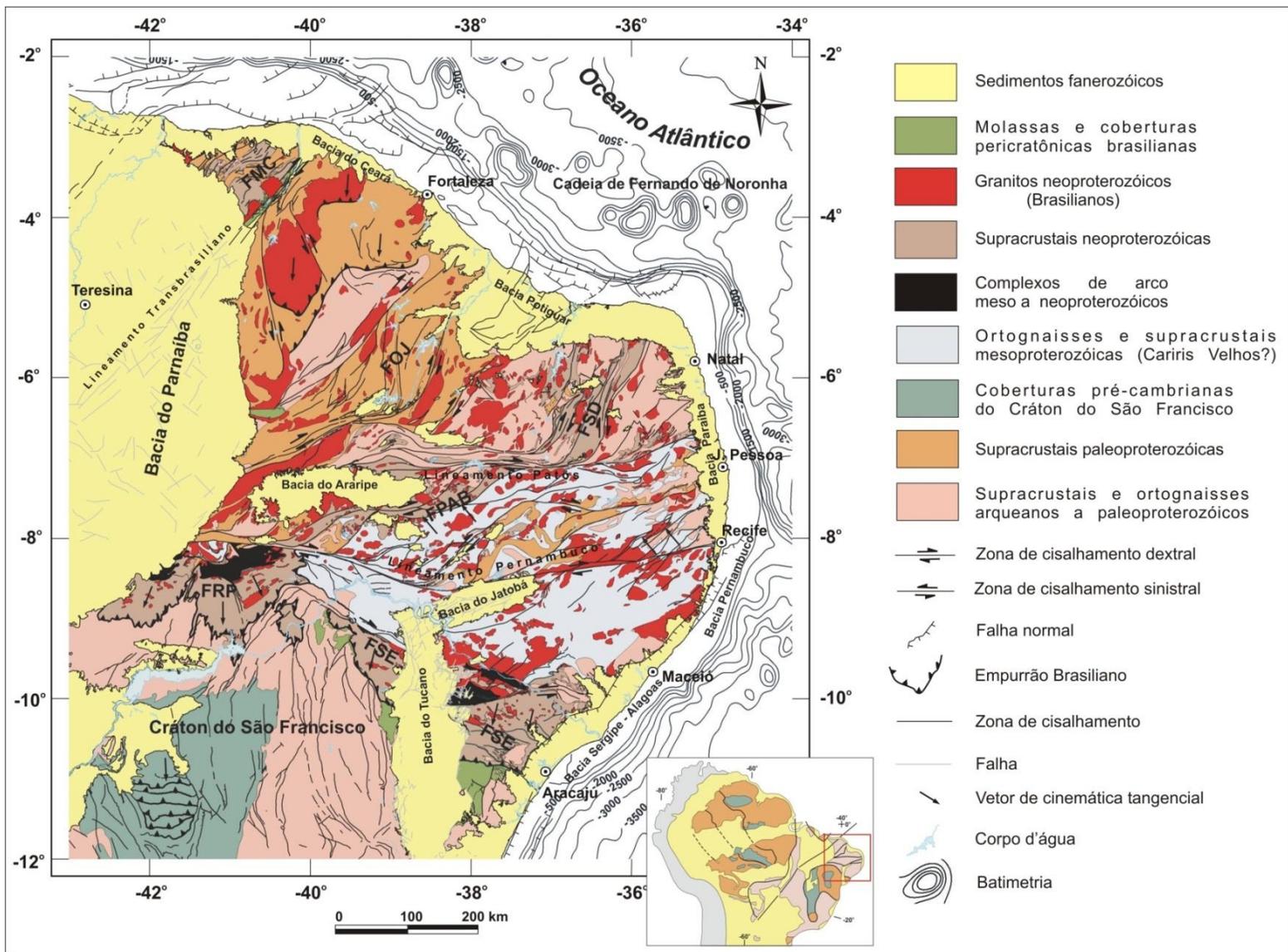


Figura 3.2. Terrenos tectonoestratigráficos que compõem a província. Domínio Médio Coreaú (MCO); Domínio Ceará Central (CC); Domínio Rio Grande do Norte (RGND)-JWP- Jaguaribe- oeste Potiguar RP- Rio Piranhas, SED- Faixa Seridó, JC- São José Campestre; Domínio da Zona Transversal I (TZ)- PAB- Piancó-Alto Brígida, AP- Alto Pajeu, AM- Alto Moxotó, RC- Rio Capibaribe Domínio Sul (SD)- Rp- Rio Preto, Po- Riacho do Pontal, Sp-Sergipano; Maciço Pernambucano-Alagoas (PEAL); Cráton São Francisco (CSF). Extraído de Gusmão 2013- XXV Simpósio de Geologia do Nordeste.

3.2. Subprovíncia Setentrional

Definida Brito por Neves et al (2000) que refere-se a parte localizada a norte do Lineamento Patos, subdividida nos domínios Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte onde está inserido o Terreno Granjeiro.

3.2.1. Domínio Médio Coreaú

Localizado a noroeste da Província Borborema, limita-se a NW da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II referente ao ciclo Brasileiro de idade Neoproterozóica, esta estrutura estabelece o limite entre este domínio e o domínio Ceará Central.

Composto pelos Terrenos Granja e pela Faixa Martinópole-Ubajara. O Terreno Granja (Nascimento 1981, apud Bizzi 2003) corresponde ao Complexo Granja formado por suítes TTG, granulitos orto e paraderivadas e migmatitos é considerado parte de uma crosta juvenil paleoproterozóica de idade 2,36 a 2,29 Ga e ϵNd positivo Santos et al.(2003) sendo considerado embasamento da Faixa Martinópole-Ubajara, idades obtidas a partir de titanita nos migmatitos e isócronas Sm-Nd nos granulitos deram idades indicando que o metamorfismo é Neoproterozóico.

A Faixa Martinópole-Ubajara corresponde uma sequencia supracrustal de margem continental passiva com formação de idade U-Pb em zircão 775 e 808 Ma e idade de metamorfismo de U-Pb em titanita de 650 Ma (Santos 1999).

O grupo Martinópole é composto, da base para o topo, pelas formações São Joaquim constituída por quartzito, metacalcário intercalados com metavulcânicas, pelas formações Covão e Santa Terezinha que representam uma sequencia metapelítica-carbonática, pelas formações Trapiá e Caiçaras compostas por sedimentos clastopelíticos, pela formação Frecheirinha de fácies carbonática e, no topo, a formação Coreaú clastopelítica, sendo esta sequencia interpretada como flúvio-marinha, com a implantação das zonas de cisalhamento Brasileiras

ocorreu a formação de pequenas bacias tipo rifte sendo a mais importante delas a Bacia Jaibaras.

3.2.2. Domínio Ceará Central

Corresponde a grande parte do território do Estado do Ceará, possui uma área de aproximadamente 80.000km², tendo seu limite ao norte marcado pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II e pela Província Costeira; a oeste faz limite com a Bacia do Parnaíba e a SE seu limite é marcado pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu que a separa da Faixa Orós, Domínio Rio Grande do Norte, de acordo com Arthaud et al. (2007), pode-se dividir os terrenos pré-cambrianos do DMC em: i) embasamento arqueano a paleoproterozóico, ii) rochas metassedimentares deformadas e metamorfizadas, iii) granitos e diques neoproterozóicos e iv) depósitos molássicos tardi-orogênicos todos originados durante a Orogênese Brasileira.

O Complexo Cruzeta é formado por basicamente por ortognaisses TTGs primitivos de origem relacionada a um ambiente de Arco Magmático, típicos de crosta juvenil, sendo obtidas idades U-Pb em zircão, de 2,7 a 2,8 Ga Fetter (1999) para ortognaisses intrusivos tonalíticos a granodioríticos. Silva (2008) obteve idade SHRIMP U-Pb em zircão, de 3,27 Ga, interpretada como idade de cristalização de um protólito tonalítico.

O Complexo Mombaça é formado por ortognaisses granodioríticos a graníticos, gnaisses e migmatitos orto e paraderivados. Apresentam idades modelo (TDM) entre 2,8 e 3,04 Ga e idades U-Pb em zircão de 2,857+- 42 Ma e 2,794 +- 77Ma Fetter (1999). Esta unidade diferencia-se do Complexo Cruzeta devido e envolvimento de acreção crustal juvenil e retrabalhamento crustal prévio.

O embasamento paleoproterozóico compreende toda porção E-SE sendo representado pela Unidade Algodões caracterizada por uma associação de rochas metassedimentares, metamáfica e ortognaisse tonalítico a granodiorítico Martins *et al.* (2009 e 2010) obteve idade Sm-Nd, de 2,23 Ga, e valores de ϵNd positivos, considerado uma unidade alóctone, tendo seu desenvolvimento relacionado um ambiente de arco oceânico durante o Paleoproterozóico.

A Faixa Ceará Central é composta por rochas metassedimentares que constituem o Grupo Ceará, formado por uma sequência pelítica a semi-pelítica, clorita-xistos, metassedimentos terrígenos do tipo grauvasca, quartzitos, mármore e rochas cálcio-silicáticas, comumente associadas com rochas metabásicas representadas, em geral, por anfíbolitos. Também ocorrem vulcânicas félsicas em menor proporção Fetter (1999) obteve a idade U-Pb de 772 ± 31 Ma derivada de meta-riolito interpretada como deposição em um ambiente de margem passiva.

Baseado na proveniência de zircões detriticos (*SHRIMP* U-Pb) e isótopos de Nd, Arthaud (2007) sugere que as sequências do Complexo Ceará, a leste do Maciço de Santa Quitéria, fazem parte de uma margem passiva com início de deposição em torno de 750 Ma, também baseado na proveniência de zircões detriticos Ancelmi (2011) demonstrou que as rochas metassedimentares do Complexo Ceará, a oeste do do Santa Quitéria possuem uma idade máxima de sedimentação ca.660 Ma, sugerindo que estas são sequências de margem ativa.

O Batólito de Santa Quitéria compreendendo rochas graníticas e migmatitos associados, segue o *trend* SW-NE regional da orogênese Brasileira, sendo este terreno composto por quatro tipos de granitóides pré, sin e pós colisional referentes ao desenvolvimento do Arco Magmático de Santa Quitéria. O trabalho de Amaral (2010) definiu um cinturão de rochas metamáficas de alta pressão encaixadas em metassedimentares, referentes a borda oeste do arco, para a borda leste do arco, Amaral e Santos (2008) através de estudos aerogeofísicos conseguiram definir uma anomalia aerogeofísica correspondente a rochas metamáficas e metaultramáficas constituídas por retroeclogitos e granulitos definindo uma relevante zona de sutura neoproterozóica, enriquecendo ainda mais

os dado de correlação geotectônica entre a Província Borborema e o noroeste da África referente a amalgamação do Supercontinente Gondwana.

3.2.3. Domínio Rio Grande do Norte

Tem seu limite oeste marcado pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, e ao sul, pelo Lineamento Patos, leste e norte pela Província Costeira. Neste domínio é encontrado os maiores núcleos arqueanos da província compostos pelos terrenos Granjeiro e São José do Campestre, além do Terreno Rio Piranhas, sequência de rochas supracrustais Lavras da Mangabeira e das faixas Orós-Jaguaribe e Seridó, sendo estes de idade proterozóica. Neste domínio encontram-se as rochas mais antigas da Província Borborema, inseridas no núcleo arqueano Maciço São José do Campestre, considerado o mais antigo fragmento da Plataforma Sul-Americana com idades U-Pb de 3,4 e 3,5 Ga Dantas (2004).

A Faixa Orós Jaguaribe sofre forte influência das zonas de cisalhamento dextrais Orós e Portalegre. Apresenta um embasamento gnáissico- migmatítico composto de ortognaisses tonalíticos a granodioríticos associados a rochas metassedimentares, Fetter (1999) obteve idade de cristalização entre 2,21 a 1,98 Ga e idades-modelo entre 2,7 a 2,5 Ga, com o desenvolvimento da tafrogênese Estateriana formou-se um sistema de bacias tipo rift Brito Neves (1995) compostas por sequencias metavulcanossedimentar que formam o Grupo Orós-Jaguaribe.

Faixa Seridó é formada pelo Grupo Seridó, composto pelas formações, da base para o topo, Jucurutu, Equador e Seridó. Brito Neves (2000) realizou datções a partir de zircões detríticos (U-Pb SHRIMP) e obteve idades ca. 650 Ma para a Formação Jucurutu e idade ca. 647 Ma para a Formação Seridó.

O Terreno Rio das Piranhas é considerado o embasamento da Faixa Seridó, formado pelos Complexo São Vicente constituído por ortognaisses TTG e migmatitos com idade de cristalização U-Pb de 2,16 Ga, além de um enxame de diques anfibolíticos com idades-modelo em torno de 2,65 Ga Dantas (1992). O

Complexo Caicó contemporâneo ao Complexo São Vicente é constituído por ortognaisses bandados félsicos e máficos, migmatitos e supracrustais, além de granitóides sina tardicolisionais peraluminos como monzonitos e augengnaisses graníticos pertencentes a Suíte Poço da Cruz.

O Terreno São José do Campestre tem grande importância no contexto geológico da Província Borborema Dantas (2004) e (2013), pois nele encontram-se as rochas mais antigas da Plataforma Sul Americana. Dados U-Pb e Sm-Nd no Núcleo Bom Jesus resultaram em idades de 3,41 Ga e 3,5 Ga para o Metatonalito Bom Jesus respectivamente sugerindo derivação de um manto enriquecido ou fonte crustal. Esse núcleo é formado pelo Complexo Presidente Juscelino constituído por uma suíte TTG com idades entre 3,25 a 3,08 Ga, outro núcleo arqueano é o Complexo Brejinho com idade-modelo T_{DM} 3,2 Ga formado por ortognaisses tonalíticos a trondhjemiticos, granodioríticos e monzograníticos, com variados graus de migmatização Dantas (1997).

3.3. Terreno Granjeiro

O Terreno Granjeiro faz limite ao norte com a Faixa Óros-Jaguaribe, Zona de Cisalhamento Malta e o Terreno Rio Piranhas, ao sul seu limite é marcado pelo Lineamento Patos que exerce grande influência na geologia estrutural do complexo evidenciado pelo *trend* regional E-W predominante, além de outro *trend* SW-NE na parte oeste Silva (1997).

O Terreno Granjeiro é composto por uma unidade mais antiga Neoaqueana associadas à restos de uma seqüência vulcano-sedimentar exalativa e por uma suíte TTG, referentes ao Complexo Granjeiro. Esse conjunto corresponde ao embasamento arqueano discordante, de rochas supracrustais paleoproterozóicas referentes à Sequencia Lavras da Mangabeira, metaplutônicas paleoproterozóicas e granitóides neoproterozóicos.

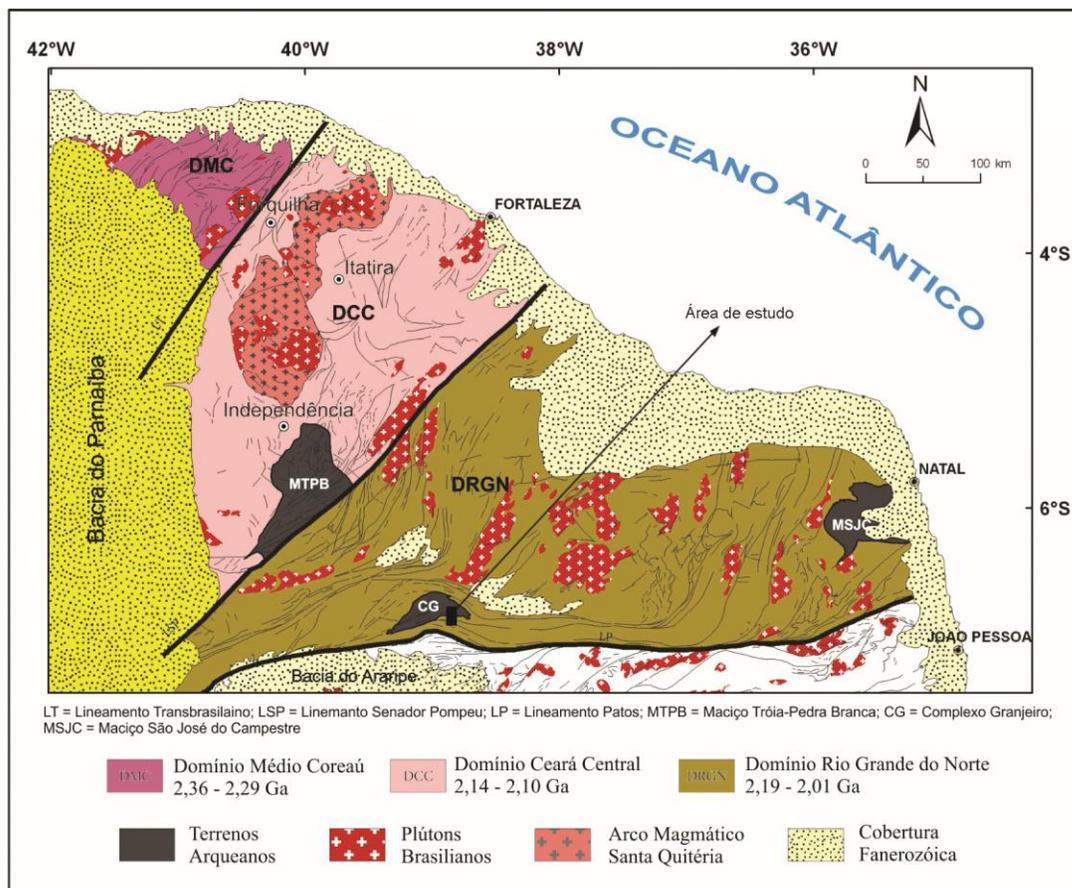


Figura 3.4. Mapa simplificado da porção setentrional da Província Borborema mostrando seus principais blocos crustais (adaptado de Fetter et al., 2000) extraído de ANCELM I 2011.

3.3.1. Complexo Granjeiro

O Complexo Granjeiro corresponde a uma região que há tempos causava dúvidas em relação ao seu posicionamento na coluna estratigráfica da província. Primeiramente foi correlacionado com terrenos paleoproterozóicos da Faixa Seridó, as primeiras datações realizadas por Cordani & Brito Neves et al 1982 resultaram em idades variando do Neoarqueano a Paleoproterozóico, Silva (1997) realizou datações radiométricas U-Pb que remetem a cristalização de rochas no Arqueano, Vanconcelos (1997) encontrou idades arqueana para os metatonalitos

pelo método Pb/Pb e Fetter (1999) obteve idade-modelo TDM entre 2,55 e 2,65 referente ao Neoarqueano e o classificou como terreno juvenil de um provável arco magmático. Assim foi estabelecido seu posicionamento estratigráfico na Província Borborema, sendo ele considerado parte do embasamento do Domínio Rio Grande do Norte.

Os litotipos que compõe o Complexo Granjeiro são compostos por duas diferentes associações litoestratigráfica, a mais antiga é formada por uma sequencia metavulcanossedimentar exalativa com horizontes químicos, característico de ambientes de crosta oceânica, esta sequêcia é formada por metamáficas, tufos máficos, félsicos e metaultramáficas associadas a gnaiss, xisto, calcissilicática, metacalcário, *metachert*, quartzito e formação ferrífera bandada. Estas rochas encontram-se intrudidas e assimiladas por ortognaisses cuja composição varia de tonalítica a granodiorítica, e partes trondhjemítica, Silva (1997). Também tem a ocorrência de intrusões de biotita granito de idade Neoproterozóica, e sobrepostas em contato discordante tectônico pela Sequência Lavras da Mangabeira.

O Complexo Granjeiro foi submetido por pelo menos dois eventos deformacionais cujos registros encontram-se preservados, referentes ao Ciclo Transamazônico com evidências de tectônica tangencial e metamorfismo de alto grau, e outro referente ao Ciclo Brasileiro caracterizado por estruturas transcorrentes e intenso magmatismo granítico Brito Neves (2000), a ocorrências de supracrustais com estes registros de tectônica tangencial e zonas de cisalhamento fortalece a ideia da colagem dos terrenos alóctones que compõem a Província Borborema.

Os metagabros e metabasaltos, que compoem o complexo, foram metamorfizados em fácies anfíbolito e posteriormente afetados pela deformação cisalhante neoproterozóica, refletindo os registros dos ciclos mencionados. Ocorrem intercalados as metamáficas formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, constituída por bandas de magnetita e bandas de quartzo e anfíbólio da série grunerita-cummingtonita.

As intrusões graníticas e pegmatíticas pré a pós-tectônicas, são na maioria de idade neoproterozóica. Posteriormente à deformação, ocorre alteração por fluidos hidrotermais relacionada as intrusões graníticas, ricos em H₂O, CO₂, K, Si, Fe, Zn, Ca, ETRL, Zr, Th, Ta, P, B, dentre outros, tendo desenvolvido uma mineralogia hidrotermal rica em Cálcio-anfibólios, Ferro-anfibólios, biotita, quartzo, granada, carbonato, turmalina, apatita e allanita que compõem os hidrotermalitos Huhn (2011).

Ainda relacionada as intrusão e alterações hidrotermais segundo Huhn (2011) ocorrem bolsões boudinados de quartzo, K-feldspato e actinolita formados por intensos processos hidrotermais que afetaram os ortognaisses ao longo das zonas de cisalhamento, refletindo uma forte potassificação, associado a quartzo, hematita, magnetita, sericita e minerais do grupo do epidoto (pistacita e allanita), além de sulfetos, zonas com enriquecimento em albita, biotita e clorita hidrotermais são também reconhecidas.

A essas regiões está associada a presença das Formações Ferríferas Bandadas que ocorrem disseminadas, lenticular, laminado, venular, brechóide, associadas aos hidrotermalitos.

3.3.2. Sequência Lavras da Mangabeira

Seu embasamento consiste em uma extensa e estreita faixa com *trend* E-W influenciado pelo Lineamento Patos, em geral possui contato tectônico com as supracrustais, consiste num conjunto rochoso metamorfisados em alto grau Jardim de Sá (1994) que pode ser considerado um complexo gnáissico-migmatítico, com possível correlação ao Complexo Caicó Vasconcelos (1998), sendo composto por biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses e muscovita gnaisses, cuja composição varia de granítica a granodiorítica que foram datados pelo método U-Pb e apresentaram idades na faixa de 2,23-2,15 Ga , Souza (1996), além de lentes de anfibolitos e por paraderivadas: quartzitos, mármore, xistos e gnaisses.

Estruturalmente tem forte influência dos lineamentos Pernambuco, no extremo-sudoeste, e Patos, na porção nordeste, resultando em uma forte foliação milonítica vertical associada a uma lineação mineralógica de baixo *rake*. Assim os estudos geocronológicos, de deformação e de metamorfismo permitiram classificar o embasamento como paleoproterozóico submetido a metamorfismo de fácies anfibolito de médio a alto grau, com fusões locais, e um retrometamorfismo em fácies xisto verde Vasconcelos (1998).

A sequência lavras da Mangabeira corresponde a uma sequência de rochas supracrustais paleoproterozóicas atribuídas ao Grupo Ceará com origem no Eo-Proterozóico, Brito Neves (1984), constituída por, da base para o topo, de quartzitos médios a conglomeráticos, com níveis de metaconglomerados que possuem matriz quartzítica, associados a estes níveis ocorrem turmalina e hematita, Caby (1995).

Na seção intermediária ocorre biotita e muscovita xisto, com intercalações de muscovita-quartzitos e mármore dolomíticos, e subordinadamente, calcissilicáticas e metavulcânicas, Na seção correspondente ao topo ocorrem filitos cinzas grafitosos.

Os metapelitos desta sequência são os melhores indicadores do regime metamórfico que afetou a sequência, por conter pods de granada, e uma assembléia mineral composta por quartzo, oligoclásio, biotita, muscovita, andalusita, granada e fibrolita, sugerindo condições de pressão em torno de 3,5 Kbar e temperatura 600°C Caby (1995).

4. Aspectos geológicos locais

Neste capítulo será abordado a descrição das unidades individualizadas no mapeamento geológico. Será dada ênfase às características macroscópicas, assembléia mineral e relações de contato, para posteriormente discutir, a partir de suas relações estruturais e metamórficas, a evolução tectônica da região.

Para diferenciação das unidades e delimitação de seus contatos, além do mapeamento geológico, foram utilizadas imagens de modelo digital de elevação além de imagens Landsat 7 ETM+ com composições de falsa cor (741, 754, 431, 531) para delimitar estruturas, litotipos, óxido de ferro e corpos d'água. As unidades identificadas foram agrupadas, segundo o ponto de vista geocronológico, genético e composicional.

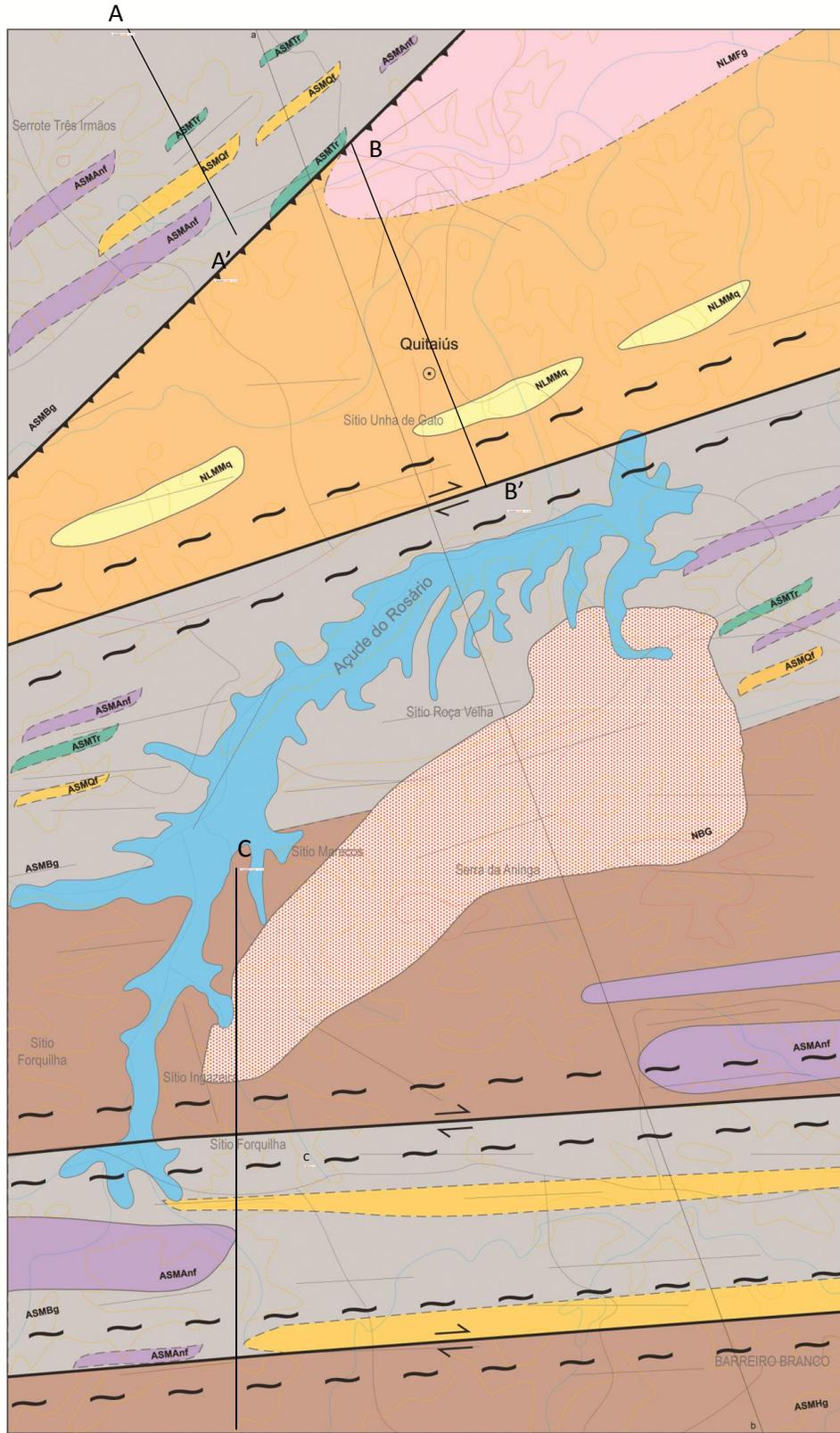
Com base na análise estrutural as unidades seguem o *trend* regional NE-SE referente a orogênese Brasilana, além do *trend* E-W marcante na região devido a forte influência do Lineamento Patos ao sul da área mapeada. Também foi observado um padrão de fraturamento na direção N-S perpendicular ao sentido da deformação principal.

Na área de estudo foram cartografadas 10 unidades com representação passíveis de mapeamento (Figura 4.1.). Também ocorrem litotipos como metacherts e calcissilicáticas que por razões de escala não foram cartografadas. Estas unidades estão alinhadas segundo o *trend* regional NE-SW a E-W, que no sentido de norte para sul, são representadas por uma Sequência metavulcanossedimentar intercaladas por gnaisses orto e paraderivados composta por Muscovita-biotita gnaisses, hornblenda gnaisses com intercalações de anfíbolitos, tremolitos e quartzito ferríferos. Pela Sequência Lavras da Mangabeira composta por granada-biotita xisto, muscovita quartzito e filito grafitoso e como unidade mais recente ocorre o biotita granito.

Para melhor representação das unidades, foram elaborados 3 perfis geológicos perpendiculares ao *trend* da área e abrangendo todas as unidades

cartografadas (Figura 4.1.2) os perfis foram realizados em campo e com uma maior escala de detalhe por isso apresentam litotipos que não aparecem no mapa (Figura 4.1).

Nas figuras referentes aos afloramentos foi adotado como referencial o norte da caderneta de campo.

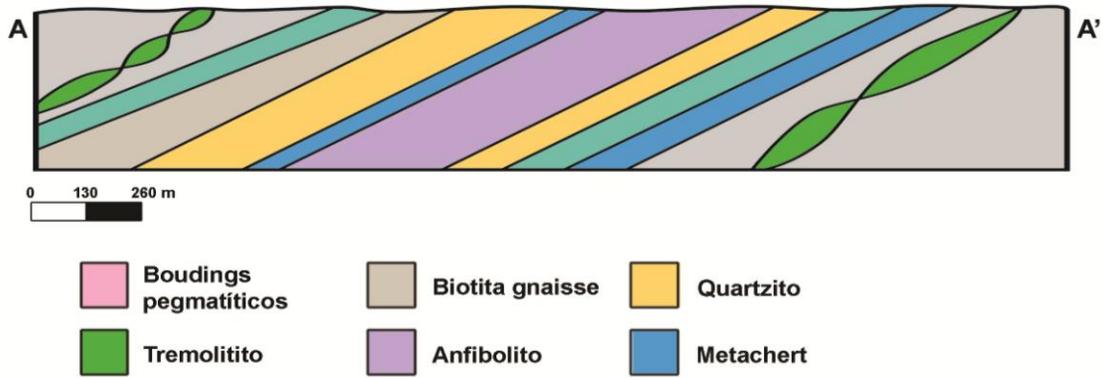


C'

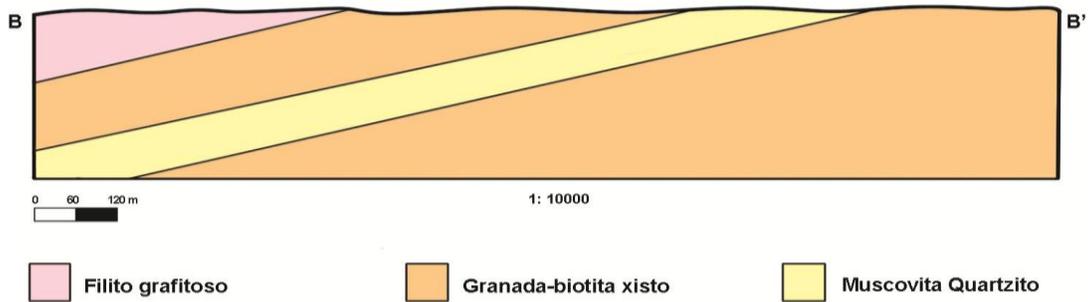
LEGENDA	
<p>Granitóide</p> <p> Biotita Granito</p> <p>Sequencia Lavras da Mangabeira</p> <p> Filito grafitoso</p> <p> Muscovita quartzito</p> <p> Granada-cordierita-biotita xisto</p> <p>Sequencia metavulcanossedimentar</p> <p> Quartzito ferrífero</p> <p> Tremolitito</p> <p> Anfibolito</p> <p> Muscovita-biotita gnaiss</p> <p> Hornblenda augen gnaiss</p> <p>Contatos</p> <p>—— Contato determinado</p> <p>- - - Contato inferido</p> <p>- · - Contato transicional</p>	<p>Dados estruturais</p> <p> Plano de foliação Sn</p> <p> Plano de foliação Sn+1</p> <p> Lineação de estriamento mineral</p> <p> Eixo de dobra</p> <p> Zona de cisalhamento transcorrente</p> <p> Falha inversa</p> <p> Faixas milonitizadas</p> <p> Lineamentos</p> <p>Corpos d'água</p> <p> Açude do Rosário</p> <p> Drenagens principais</p> <p>Localidade</p> <p> Quitaiús</p> <p> CE-385 Rodovia Padre Cícero</p> <p> Estradas</p> <p> Curvas de nível</p>

Figura 4.1. Mapa geológico.

Perfil Geológico da Sequência Metavulcanossedimentar



Perfil Geológico da Sequência Lavras da Mangabeira



Perfil Geológico da Sequência metavucanossedimentar intercalada com gnaisses e granito

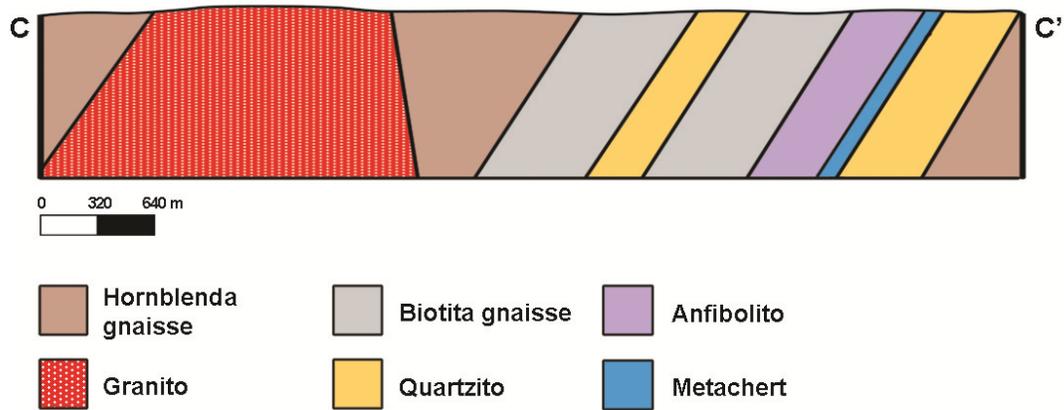


Figura 4.1.2. Perfis esquemáticos das unidades cartografadas da área (para localização dos perfis ver figura 4.1).

4.1. Unidades Cartografadas

4.1.1. Sequência metavulcanossedimentar

A unidade situa-se no noroeste da área e na porção centro-sul. Representa uma associação vulcanossedimentar, pertencente ao Complexo Granjeiro, constituída pela alternância de gnaisses leucocráticos com metabásicas anfibolitizadas, metaultramáficas e quartzitos ferríferos. O gnaisse leucocrático tem granulação grossa a média, cor branca a rósea, devido à presença de k-feldspato, e encontra-se em avançado processo de intemperismo. Intercalado a ele ocorrem níveis de *metachert*, normalmente associados a um intenso processo de silicificação relacionado às zonas de cisalhamento que afetam a região. Adicionalmente, ocorrem nesta Unidade metavulcanossedimentar alternâncias de lentes de rocha ultramáfica (tremolitos) e metabásica, e também lentes de quartzitos ferríferos, provavelmente associados às formações ferríferas bandadas. Truncando a foliação principal, e por vezes, localmente seguindo a própria foliação, ocorrem intensas intrusões pegmatíticas com texturas miarolíticas e milonitos associados.

A unidade encontra-se intensamente intemperizada resultando em perfis de solo laterítico com uma camada superficial quartzo- ferruginosa e, abaixo, espessas camadas de caulim com cerca de 1,5 metros (figura 4.2.1-4AeB), principalmente onde ocorrem as rochas metaultramáficas e metabásicas.

Os litotipos que compõem esta unidade foram afetados por um regime dúctil e encontram-se em partes milonitizados. É frequente a presença de estruturas como boundins (figura 4.2.1-3), dobras de arrasto e sigmoides que indicam um cisalhamento com movimento dextral.

Os gnaisses que intrudem a assimilam esta sequência tem idade-modelo TDM entre 2,55 e 2,65 referente ao Neoarqueno (Fetter 1999), sendo interpretada como um fragmento de crosta oceânica relacionada a um sistema de arco magmático- bacia oceânica.

Em contato com esta unidade ocorre a sequência Lavras da Mangabeira de idade Paleoproterozóica. Assim, como o Complexo Granjeiro, Arqueano, passa a ser interpretado como unidade basal da região (Figura 4.2.1-1).

Localmente, situado ao sul da sequência metavulcanossedimentar, devido a forte influência do Lineamento Patos, têm-se grandes zonas de cisalhamento e uma intensa remobilização de sílica que afeta toda região. Possui também marcante foliação milonítica vertical responsável por obliterar evidências e estruturas pretéritas. Também há a ocorrência de rochas máficas intrusivas afaníticas e rochas ácidas afaníticas a sub-faneríticas que caracterizam um vulcanismo bimodal tardi-tectônico (figura 4.2.2-10 e 11).

O ortogneisse (Hornblenda Gnaisse) possui cor escura, granulação média a grossa, com bandas milimétricas a centimétricas, estando intensamente dobrados, boudinados e com textura Augen (figura 4.2.2-1 e 2). Ocorre próximo às intrusões graníticas, possuindo porções migmatizadas e milonitizadas. Este ortogneisse possui uma provável idade paleoproterozóica, e apresenta contatos tectônicos intrusivos com a sequência metavulcanossedimentar.

Os gnaisses paraderivados (Figura 4.2.1-5 e 4.2.2-9), são compostos por rochas de granulação grossa com bandas que variam de espessura de centimétricas de composição máfica composta por biotita e anfibólio. A bandas métricas de composição félsica, essencialmente quartzo-feldspática, conferindo cor rósea nesta porção. Na parte oeste da unidade o paragneisse possui granulação fina e bandas milimétricas, onde a parte máfica está limitada a finas camadas de biotita, e sendo a porção quartzo-feldspática predominante. Os paragneisses ocorrem intercalados com quartzitos e em determinadas localidades, existe uma intensa silicificação e intercalações de *metacherts*. Nesta região o grau de milonitização é maior, constituindo protomilonitos.

Ao longo da sequência foi observado blocos de rocha esverdeada de elevada dureza definindo blocos de rochas calcissilicáticas.

As paragênese observadas em campo com quartzo+feldspatos+biotita+anfíbólio indicam um metamorfismo fácies anfíbolito superior e também fusão parcial observada devido presença de migmatitos associados.

Quartzitos ocorrem intercalados com os paragnaisses, e também com anfíbolitos, onde, nestas porções, o quartzito é rico em ferro e avermelhado. Como todos litotipos da unidade, o quartzito encontra-se milonitizado (figura 4.2.2-8,10 e 11).

Por ser uma área de intensa passagem de fluídos os litotipos que compõem a sequência são afetados por alterações hidrotermais como potassificação relacionada a grande presença de feldspatos potássicos, alteração propilítica relacionadas a presença de plagioclásio e epidoto e sericitização, definindo halos de alteração hidrotermal.

As metabásicas ocorrem bem distribuídas por toda área (Figura 4.2.1- 2 e 5) e representam derrames ou intrusões máficas, possuem textura afanítica a fanerítica, assembleia mineral constituída por biotita, anfíbólio e piroxênio. Ocorrem intercaladas com os gnaisses e quartzitos. Em campo são diferenciadas devido seu intemperismo resultar em solos de cor ocre e argiloso, diferente do gnaisse e quartzito que resultam em solos arenosos amarronados e avermelhados, devido a presença de óxido de ferro.

Os mergulhos da foliação variam bastante desde valores bem suaves, até verticais a subverticais nos milonitos e lineação de estiramento predominante na direção E-W e horizontal.

Os pontos descritos mais representativos desta unidade e com as boas exposições dos litotipos são representados por: TJPI28B, TJPI 24, TJPI 109, TJPI 24, TJPI 48, TJPI 112, TJPI 111 e TJPI 113 TJPI 69, TJPI 82, TJPI 99, TJPI166 e TJPI 167 (ver anexo 2, mapa de pontos).

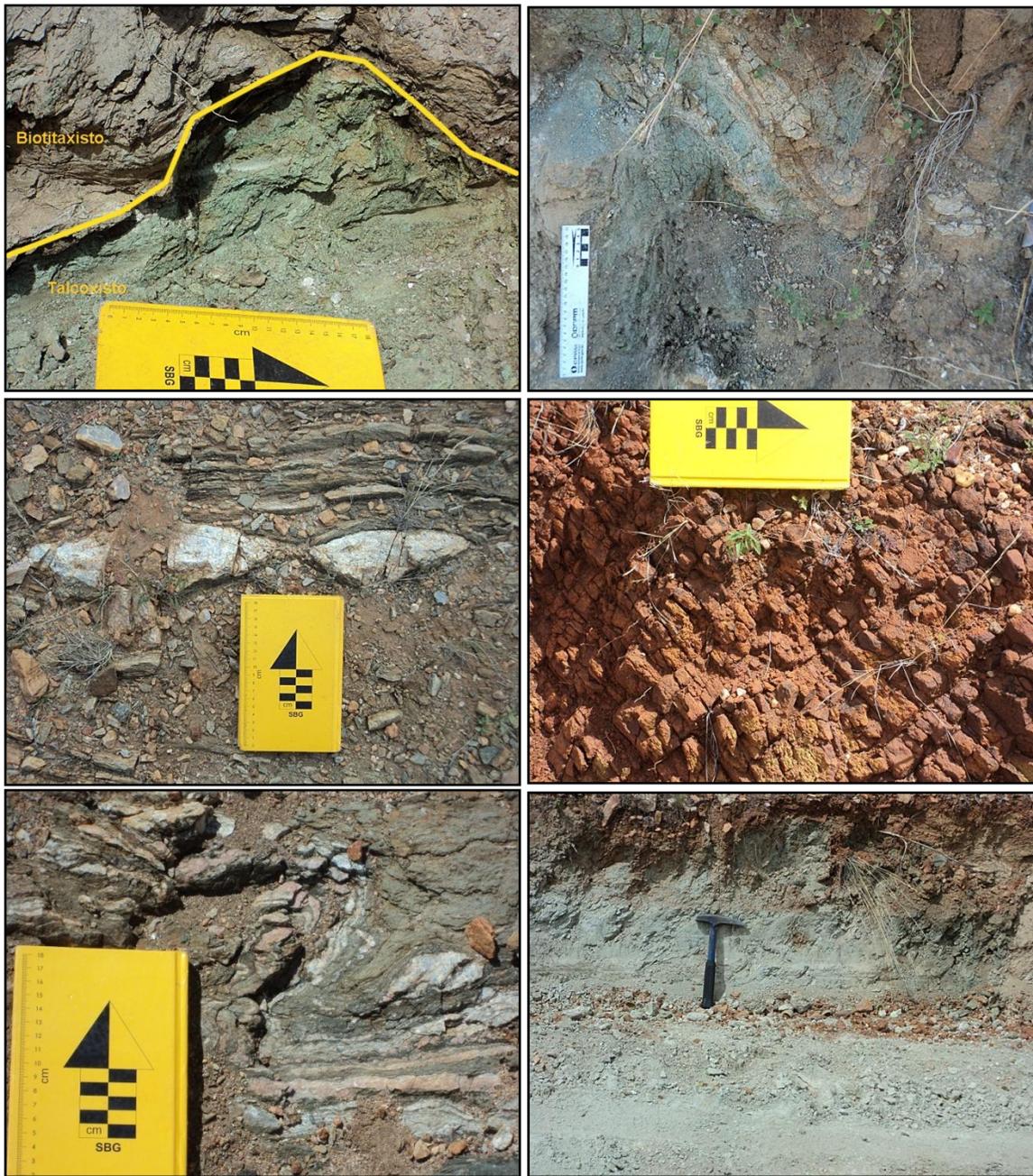


Figura 4.2.1. Sequência metavulcanossedimentar:

- 1- Contato entre Complexo Granjeiro e Sequencia Lavras da Mangabeira.
- 2 - Dobra Intrafolial com Paragnaisse, metachert e metaultramáfica intercaladas.
- 3 - Boudins de Pegmatitos e paragnaisse milonitizado.
- 4 - Perfil laterítico- A-Camada quartzo-ferruginosa; B- Caulim.
- 5 - Gnaisse e metabásica dobrados.

1	2
3	4-A
5	4-B

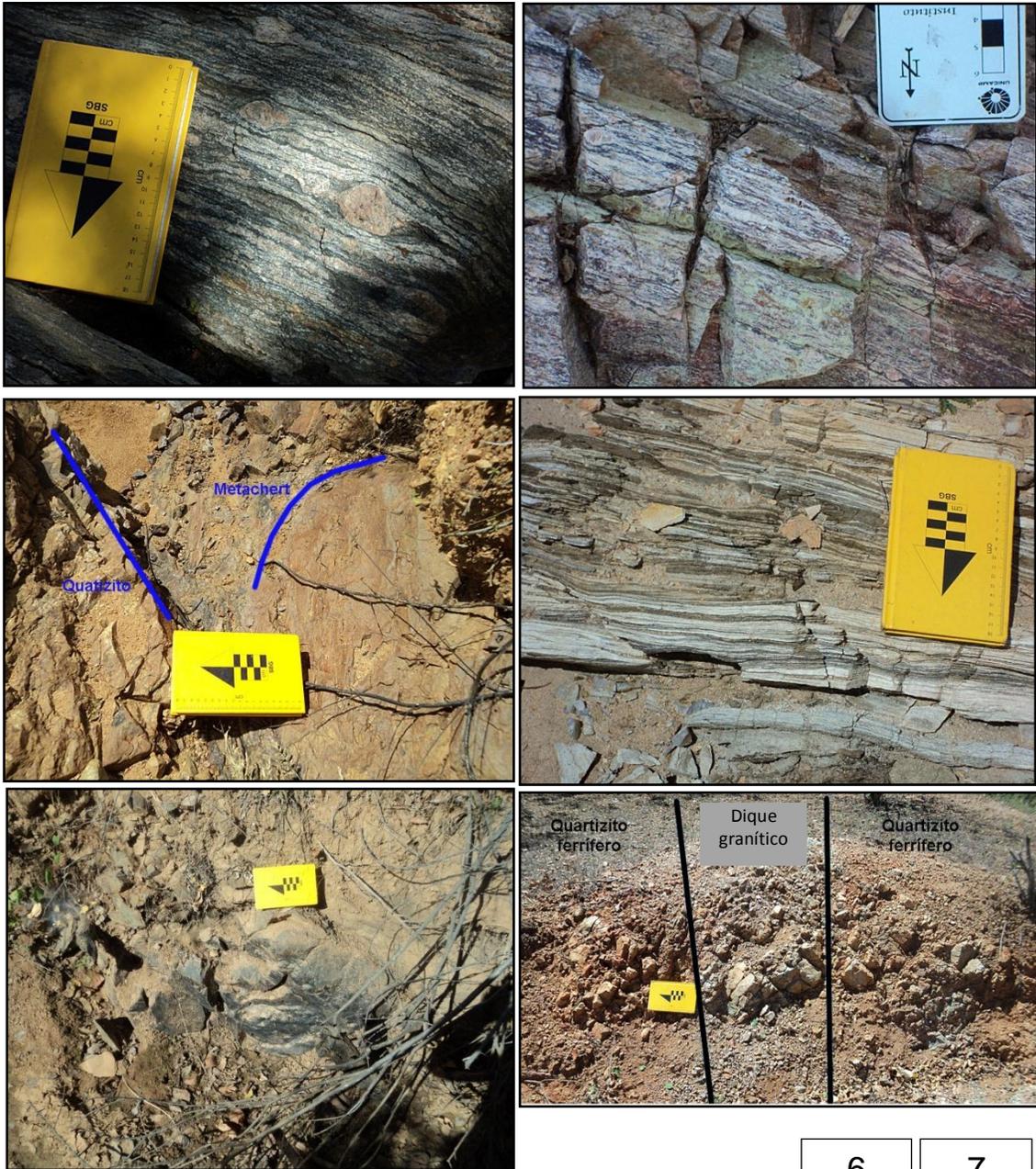


Figura 4.2.2. Sequência metavulcanossedimentar:

6 - Ortognaisse com textura Augen.

7 - Ortognaisse com alteração hidrotermal propitilica.

8 - Quartzito intercalado com metachert associados a remobilização de sílica.

9 - Paranaise intercalado com quartzito milonitizados.

10- Quartzito em contato com intrusão máfica.

11 - Solo derivado de Quartzito com intrusão granítica.

6	7
8	9
10	11

4.1.2. Sequência Lavras da Mangabeira

Esta unidade representa uma Bacia sedimentar do Médio Jaguaribe definida por ALMEIDA (1967), relacionada a zonas distensivas. O ambiente de sedimentação relacionado aos litotipos encontrados foi interpretado como flúvio – lacustre devido variação granulométrica e composicional dos litotipos presentes: xistos, quartzitos e filitos.

Na área de estudo, a sequência é constituída essencialmente por biotita xisto intercalados com níveis quartzíticos. O biotita xisto cobre uma extensa região situada na porção norte da área. Subordinadamente ocorrem granada-cordierita-biotita xisto, localmente no centro da unidade.

Ao norte da unidade a granulação das rochas e a intensidade do metamorfismo diminui e se tem a ocorrência de filitos grafitosos cinzas com sigmóides de quartzo indicando um movimento dextral.

Esta unidade apresenta uma intensa presença de material pelítico, grande maioria, referente ao biotita xisto intercalado com níveis quartzosos, mais subordinado, referente ao muscovita quartzito que é representado ora por níveis ora por lentes. A alteração intempérica do biotita xisto resulta num solo avermelhado bem diferente do solo originado pelo quartzito. Esse foi um dos critérios utilizados para individualização dos litotipos.

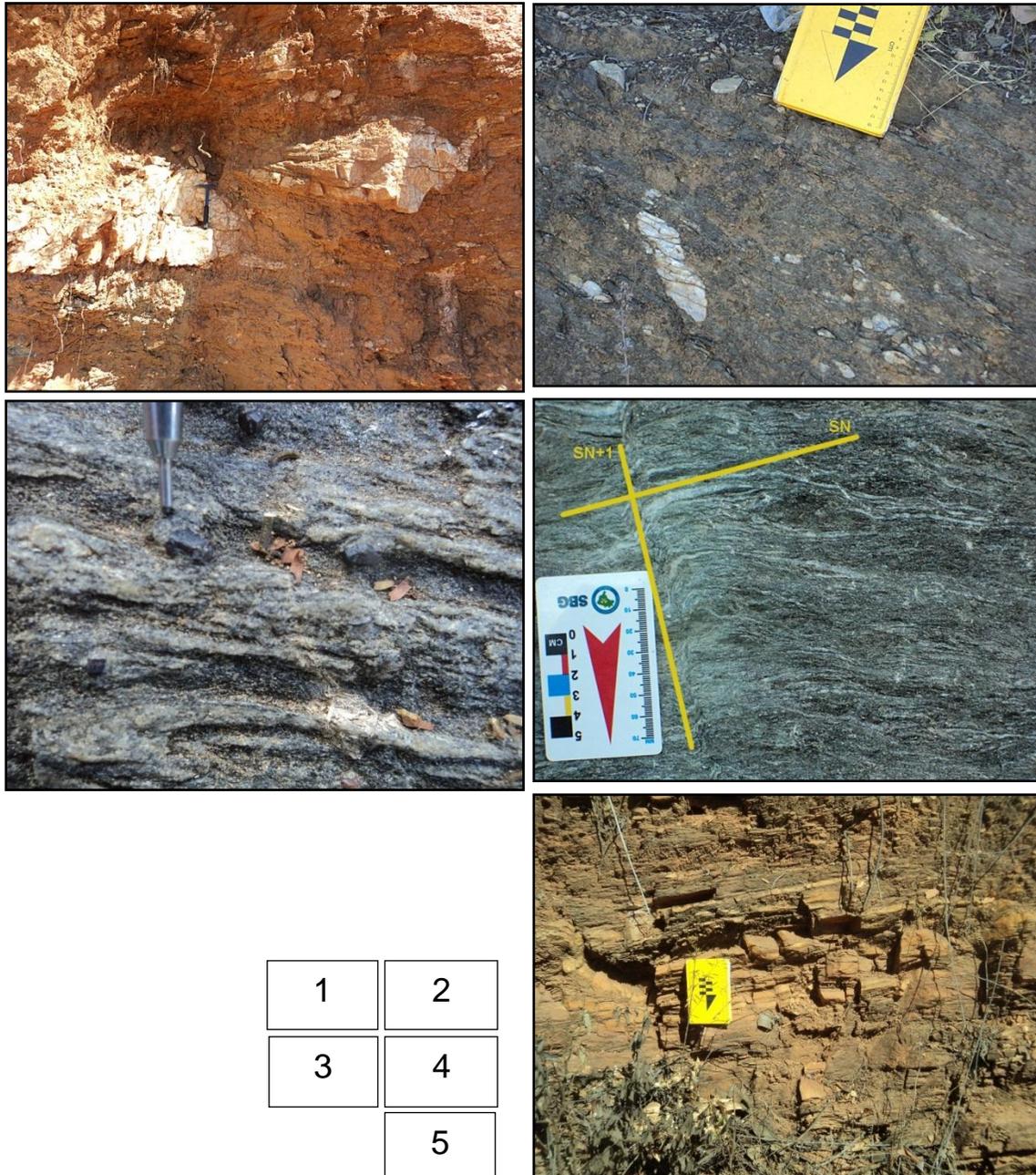


Figura 4.2.3. Sequência Lavras da Mangabeira:

- 1 – Biotita xisto com níveis quartzíticos boudinados.
- 2 – Filito Grafitoso com sigmóides de quartzo indicando movimento sinistral.
- 3 – Granada-biotita xisto com destaque porfiroblasto de granada.
- 4 – Eventos deformacionais (Cordierita-granada-biotita xisto).
- 5 – Nível Quartzítico e biotita xisto.

4.1.3. Granitóides

Os granitos definem altos estruturais, constituindo corpos arredondados e alongados dispostos na direção NE-SW. São limitados e alinhados paralelamente por zonas de cisalhamento rúptil-ductil de caráter regional. Apresentam-se em partes não deformados e, do centro para as bordas, apresentam foliação evidente marcada por planos de biotita e com mergulhos subverticais. As bordas apresentam-se milonitizadas.

Os granitos estão deformados, porém, à princípio, sua assembléia mineral, a princípio, não foi alterada pela deformação. Possuem textura fina com porfiroblastos de k-feldspato, plagioclásio, quartzo e biotita.

As amostras representativas destas unidades são: TJPI 44, TJPI 74, TJPI71.



1

2

3

Figura 4.2.4. Granitóides:

1 – Afloramento de granito em uma drenagem seca situado na Serra da Aninga;

2 - Biotita granito com vênulas quartzosas;

3 -Biotita Granitos amostrados possuem granulação fina, contraste entre as amostras: acima amostra não deformada; abaixo e a direita amostra do granito foliado.



5. Petrografia e Metamorfismo

Neste capítulo é apresentada a descrição das unidades mapeadas com base na análise petrográfica, o que substanciará informações sobre a evolução metamórfica e estrutural a que as rochas foram submetidas, assim como sua composição. Neste estudo foram confeccionadas 20 lâminas delgadas para análise em microscópio óptico em luz transmitida. As descrições estão agrupadas de acordo com as sequências cartografadas e os litotipos que as compõem.

5.1. Sequência Metavulcanossedimentar

5.1.1. Muscovita-Biotita Gnaisse

Esta unidade possui a maior distribuição espacial na área mapeada. Desta unidade se confeccionou lâminas do gnaisse com diferentes níveis de deformação, algumas apresentando foliação milonítica. A interpretação de um possível protólito paraderivado a estes gnaisses foi baseada em sua composição quase essencialmente quartzo-feldspática associada a presença de muscovita, biotita e cordierita (Figura 5.2-2).

A rocha apresenta bandamento gnáissico definido por níveis quartzo-feldspáticos centimétricos e níveis máficos de biotita e hornblenda milimétricos(Figura 5.1-1).

A granulação é média a grossa, os minerais são subidiobláticos a xenoblásticos inequigranulares com contatos irregulares, possuem texturas granolepidoblática, forte textura fluidal marcada por uma intensa recristalização de quartzo e sericitização substituindo planos de biotita.

Apresenta textura milonítica com estrutura S/C, grãos de quartzo e feldspatos rotacionados e textura flaser onde os cristais originais são recristalizados em grãos menores e envoltos por mica, relacionados a implantação de S_{n+1} .

Os grãos de quartzo apresentam contato com ângulo de 120°, forte extinção ondulante, intensamente recristalizados e presença de quartzo ribbon devido a influência da foliação milonítica (Figura 5.2-3 e 4).

Os feldspatos são subidioblásticos, encontram-se rotacionados quando afetados pela foliação milonítica. Em geral, apresentam-se saussuritizados e fortemente afetados pela alteração sericítica (Figura 5.1-2). Ocorrem intercrescimento de ortoclásio em poiquiloblastos de quartzo (Figura 5.2-6).

Os níveis milimétricos máficos compostos por biotita pouca hornblenda, possuem cristais subidioblásticos a xenoblásticos e estão fortemente afetados pela sericitização.

Assim a mineralogia observada foi de aproximadamente: Quartzo 40%, plagioclásio(albita) 25%, álcali-feldspato(microclínio e ortoclásio) – Figura 5.2-4-20%, biotita 8%, muscovita 5%.

Minerais acessórios: Hornblenda, cordierita, epidoto, zircão, apatita ilmenita e magnetita.

Assim a paragênese associada a esta rocha é : Quartzo+ plagioclásio+ feldspato+biotita+ muscovita.

A associação mineralógica observada é concordante com a paragênese de rochas quartzo-feldspáticas em fácies anfibolito superior.

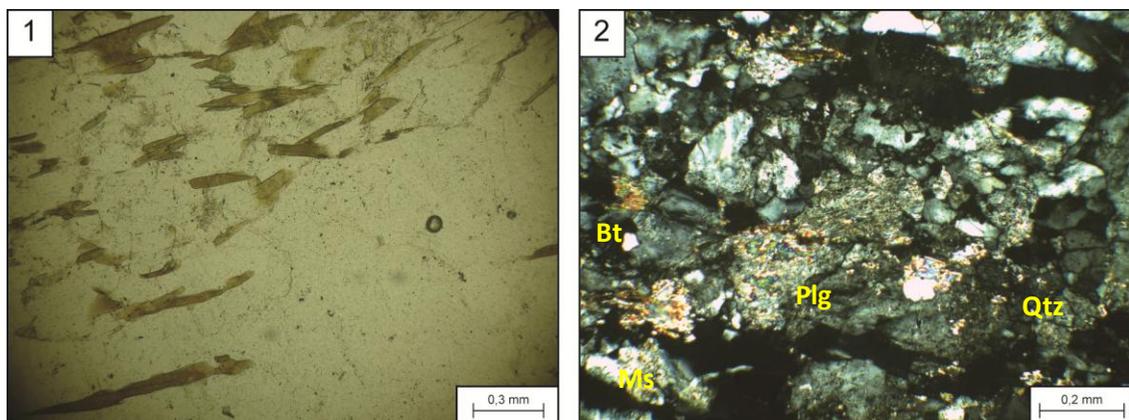


Figura 5.1. 1- Visão da lâmina e estruturas (Ln) 2- Plagioclásios sendo sericitizados.

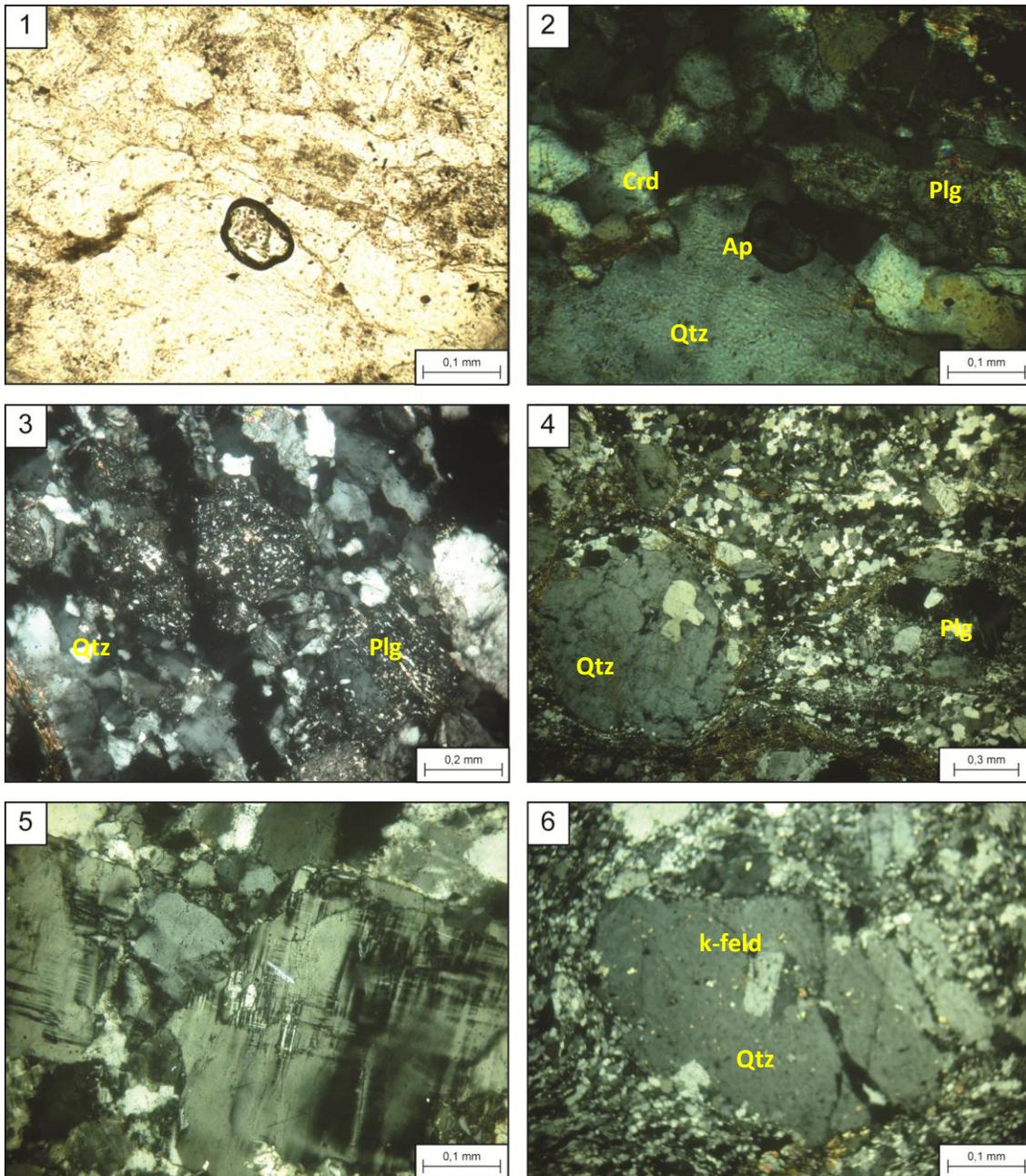


Figura 5.2. 1 e 2- Apatita, Cordierita e plagioclásio saussiritizado (10x); 3- Quartzo ribbon e plagioclásio saussiritizados (5x); 4- Fenocristais de cristais quartzo e feldspatos, formando microboudins. (2,5x); 5- Fenocristal de microclínio (10x); 6- Porfiroblasro de quartzo rotacionado, com intercrescimento de ortoclásio (10x).

5.1.2. Hornblenda augen gnaisse

Rocha escura de granulação fina a média. Possui bandamento composicional centimétrico definido por minerais máficos(hornblenda e biotita) e níveis félsicos milimétricos de composição quartzo-feldspática. As lâminas confeccionadas deste gnaisse não apresentam grande variação composicional, porém possui variação deformacional, apresentado porções afetadas pela foliação milonítica e porções submetidas a fusão parcial.

A presença de porções migmatíticas define uma zona de maior fluxo térmico indicando assim um metamorfismo progressivo que afeta a Sequência Metavulcanossedimentar. Nas porções migmatizadas é possível visualizar estrutura do tipo schlieren e textura augen (Figura 5.3- 1).

Na porção milonitizada cristais de feldspatos formam microboudins (ocelares), há um intercrescimento de feldspato potássico em plagioclásio, além de uma textura fluidal com intensa recristalização de quartzo. Nas porções onde o bandamento gnáissico predomina, a rocha possui uma granulação fina a média, com textura nemato/granoblástica (Figura 5.3-4) e augen.

Os minerais são idioblásticos a subidioblásticos com hornblenda e quartzo alongados, definindo a foliação metamórfica e o bandamento composicional.

Os contatos entre os grãos, na parte félsica, são predominantemente retos, e na parte máfica, interlobados. Ocorre intercrescimento de actinolita e clorita nas hornblendas indicando retrometamorfismo.

A titanita (Figura 5.4. 1,2,4,5,6) é abundante nesta rocha, estando relacionada diretamente a hornblenda, que por vezes absorve o titânio em seu retículo, possuindo assim uma composição rica em titânio.

Mineralogia observada foi: Quartzo 15%, plagioclásio (albita) 18%, k-feldspato(microclinio e ortoclásio) 15%, hornblenda 35%, biotita 8% epidoto 5%.

Minerais acessórios observados epidoto, zircão, titanita, ilmenita e magnetita.

Paragênese mineral observada corresponde a fácies anfibolito a anfibolito superior: hornblenda tschermakítica+ plagioclásio+ k-feldspato+ biotita+ titanita+ ilmenita+epidoto.

As seguintes reações químicas, observadas na figura 5.4- 3 e4, auxiliam na interpretação para esta paragênese:

- Clorita+ epidoto+quartzo \longleftrightarrow hornblenda tschermakítica+plagioclásio+fluído

- Actinolita+ epidoto+quartzo \longleftrightarrow hornblenda tschermakítica+fluído

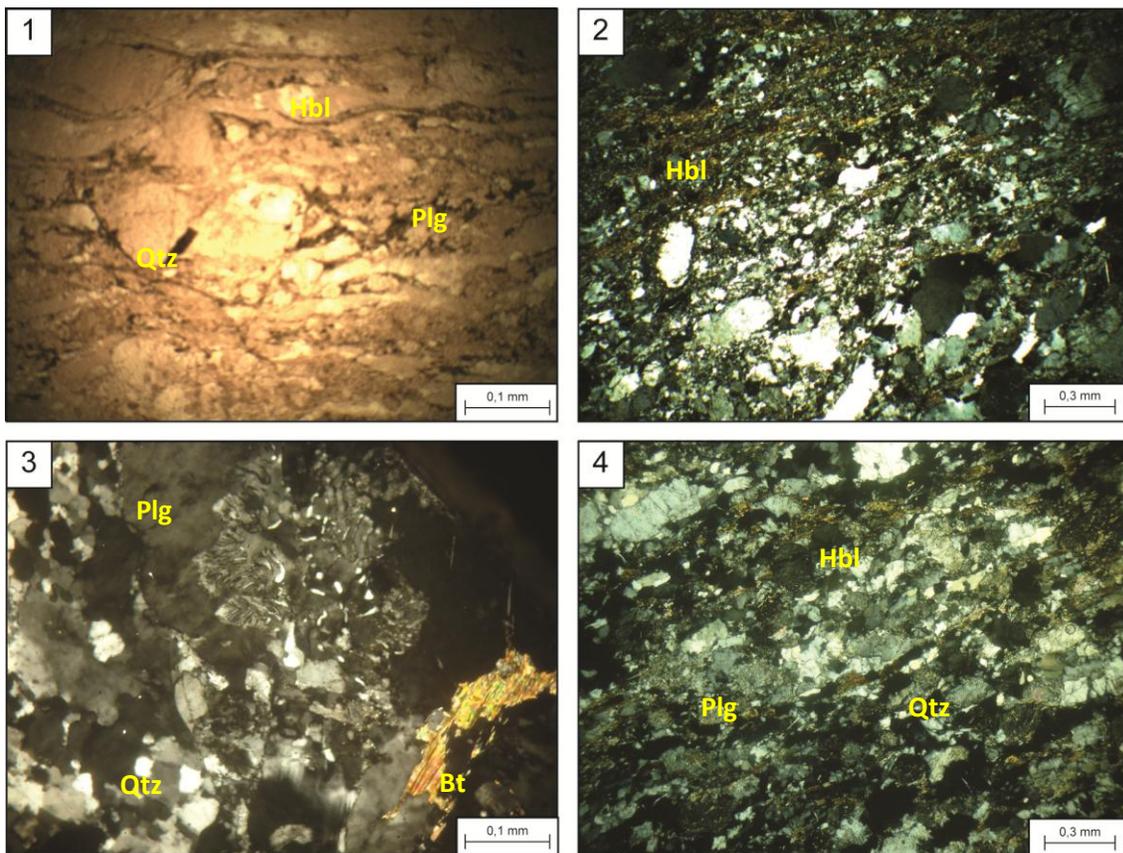


Figura 5.3. 1 e 2- Ortogneisse migmatizado, *textura schilierem*. Foto 1 (10x), foto 2 (2,5x). 3- Textura mirmequítica com intercrescimento vermiforme de quartzo, em plag. (10x). 4- Foliação gnáissica. (2,5x).

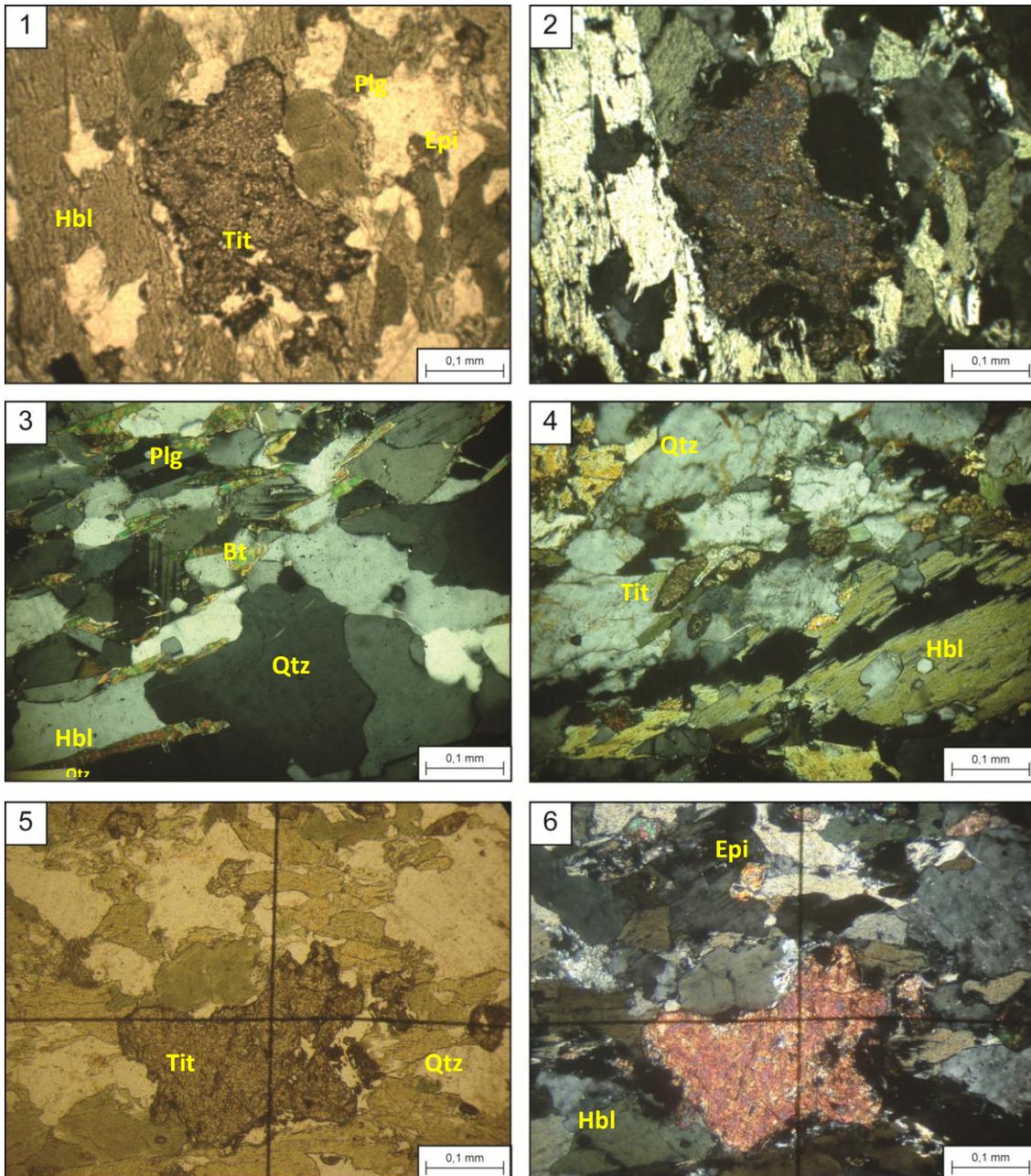


Figura 5.4. 1,2,4,5,6 - Mostrando uma composição rica em titanita (10x) ; 3- Quartzo com extinção ondulante e contatos em 120° (10x).

5.1.3. Anfibolito

O anfibolito ocorre em porções lenticulares intercaladas com o gnaiss e é concordante a foliação principal S_n da sequência de rochas gnáissicas. Tem ocorrência em toda a área mapeada. Macroscopicamente é uma rocha de cor preta por vezes esverdeada, subfanerítica e foliada.

A rocha possui granulação média a grossa e foliação definida por planos de hornblenda e quartzo alongados e estirados. Plagioclásio segue a orientação definida pelos planos de hornblenda (Figura 5.5-1 e 2) segundo a foliação S_n . Ocorre uma recristalização dinâmica de quartzo e formação de quartzo ribbons que define uma foliação milonítica S_{n+1} presentes nos anfibolitos situados ao sul da área.

Os minerais, hornblenda, plagioclásio e quartzo, são idioblásticos a subidioblásticos com contatos curvos. Em zonas miloníticas, evoluem para interdigitados até a presença de contatos suturados, que evidenciam um aumento na deformação dútil devido a dissolução e interpenetração dos cristais e pelo aumento da intensidade da moagem dos grãos (Figura 5.5- 3 e 4).

O plagioclásios encontram afetado por uma alteração sericítica e também estão saussiritizados (Figura 5.5- 5).

Grãos de clorita observados foram interpretados como retrometamórficos (Figura 5.5-6).

A mineralogia essencial é composta por hornblenda 65%, quartzo 8%, plagioclásio(albita e oligoclásio) 10% , epídoto 7% e biotita 5%

Os minerais acessórios são titanita, magnetita.

A paragênese observada sugere um metamorfismo com fácies anfibolito: hornblenda + plagioclásio + quartzo + biotita+epídoto. A seguinte reação metamórfica ilustra a paragênese observada:



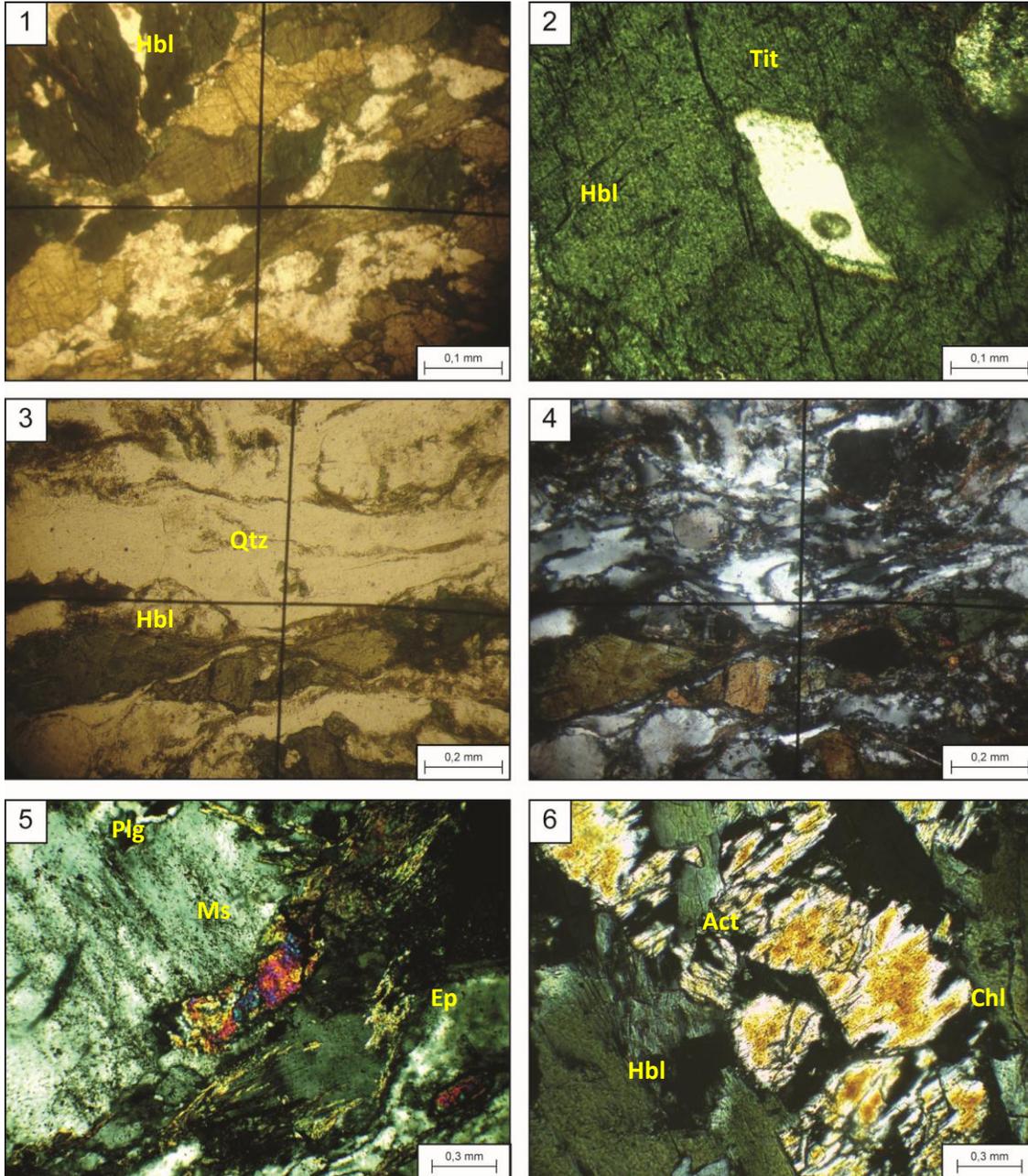


Figura 5.5. 1- Cristais de hornblenda, com pleocroísmo verde a marron (10x). 2- Titanita, associada a hornblenda (10x); 3 e 4- Cristais de hornblendas formando microboudins (5x); 5- Alteração sericítica, substituindo plagioclásio (2,5x); 6-Actinolita e clorita retrometamórfica substituindo hornblenda (2,5x).

5.1.4. Tremolitito

Os xistos ultramáficos ocorrem em lentes, apresentam-se muito intemperizados e possuem cor verde e brilho sedoso. Constituem uma rocha foliada com xistosidade definida por anfibólios como tremolita e actinolita, textura nematoblástica, e textura hipidiomórfica definida por minerais subhipiomórficos (Figura 5.6- 1 e 2).

A tremolita possui um hábito fibroso e apresenta interdigitações com actinolita devido a solução sólida que ocorre entre elas (Figura 5.6-5).

A mineralogia é composta por 75% tremolita, 15% actinolita, 5% clorita, e 5% de minerais opacos (Figura 5.6-3 e 4)

A paragênese mineral é dada por tremolita+actinolita+clorita.

O tremolitito possui composição bem distinta de protólitos ígneos ultramáficos, por estar inserido num contexto relacionado a zonas de cisalhamento com intensa percolação de fluídos. Por isso torna-se uma tarefa difícil relacionar reações metamórficas para esta paragênese, devido as reações serem descontínuas, além de possuírem várias fases de equilíbrio e serem controladas por trocas catiônicas.

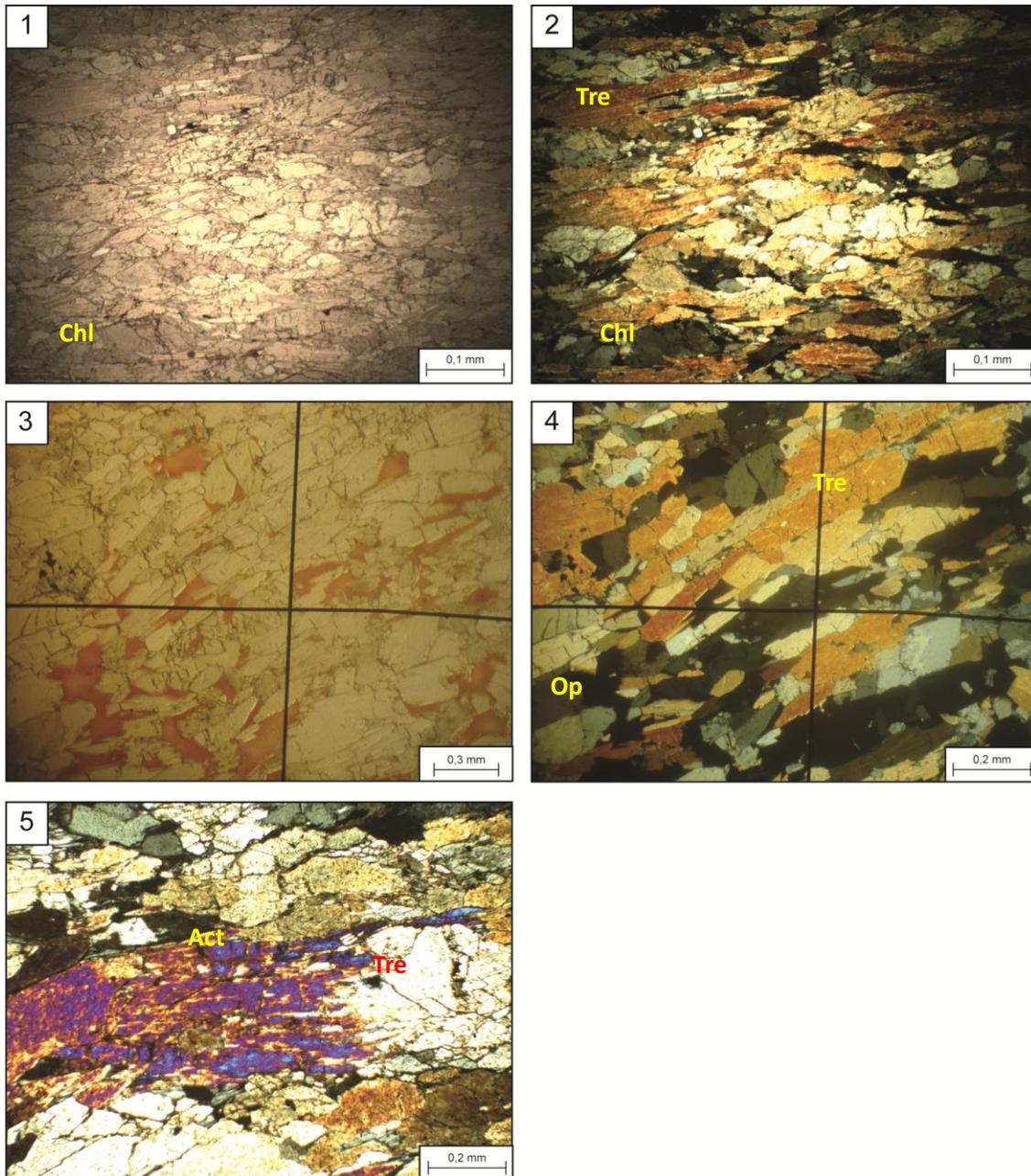


Figura 5.6. 1 e 2- Vista das estruturas da lâmina, e textura nematoblástica (10x); 3 e 4- Cristais de tremolita, e óxidos de ferro, (2,5x) e (5x); 5- Interdigitação de actinolita e tremolita (5x).

5.2. Sequência Lavras da Mangabeira

Desta sequência foram confeccionadas lâminas apenas do granada-cordierita-biotita xisto.

5.2.1. Granada-cordierita-biotita xisto

Ocorre em uma extensa faixa cobrindo grande parte do norte da área mapeada.

A rocha possui cor escura acinzentada, granulação fina com evidente xistosidade, níveis biotíticos dominantes e muitos porfiroblastos de granada entre 2 a 10mm. As lâminas confeccionadas desta unidade apresentam xistosidade definida por planos de biotita e pela marcante recristalização dinâmica de quartzo. A granulação é fina a média, textura lepidoblástica, granoblástica (Figura 5.7-1), com poiquiloblastos de granada com sombras de pressão (Figura 5.7. 5 e 6)

O quartzo ocorre como grãos poligonais em textura mosaico formando entre eles contatos em 120° , alternado com laminações micáceas também muito deformadas. Nestas porções ocorrem fitas de quartzo recristalizado e cristais de biotita, e em menor quantidade, muscovita.

Não é possível estabelecer gerações de formação para as biotitas, tendo em vista que a implantação da foliação principal é dominante, mas é provável que a primeira geração de biotita apareça em pequenas inclusões presentes na granada. A geração de biotita dominante corresponde a foliação Sn.

A muscovita presente nas bordas de minerais, como da granada e biotita, é retrometamórfica, mas também ocorre como mineral metamórfico.

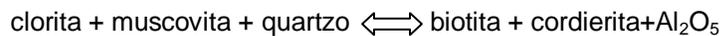
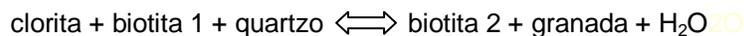
A cordierita ocorre associada a biotita e ao quartzo, indicando um metamorfismo de temperatura relativamente elevada e baixa pressão (Figura 5.6-2 e 3).

Os porfiroblastos de granada possuem inclusões de quartzo e biotita com direção muito diferente da foliação principal, sendo assim interpretadas como minerais pré-Sn. A granada é sin-Sn a pós Sn, possuem sombras de pressão, indicam um único evento metamórfico, porém, com deformação progressiva que pode chegar até a implantação de uma foliação milonítica, evidenciada pela diminuição dos grãos, intensa recristalização de quartzo e formação de quartzo ribbons (Figura 5.7-7).

No plano XZ é possível verificar o estiramento máximo mineral, observado nos grãos de quartzo e biotita, o que não ocorre no plano YZ. Assim a deformação se dá essencialmente no eixo x do elipsóide, constituindo assim uma deformação em regime de constricção e caracterizando um tectonito L.

A mineralogia essencial observada é: quartzo 35%, biotita 30%, cordierita 15%, granada 10%, plagioclásio 4% e muscovita 6%.

Paragênese observada foi: biotita+granada+cordierita+ Muscovita +\- plagioclásio, referente à fácies anfíbolito. Apesar de se tratar de um metapelito, esta paragênese se assemelha a de um hornfels, em fácies anfíbolito. As seguintes reações auxiliam na interpretação da paragênese observada e a cordierita funciona como um geotermômetro na interpretação para o metamorfismo.



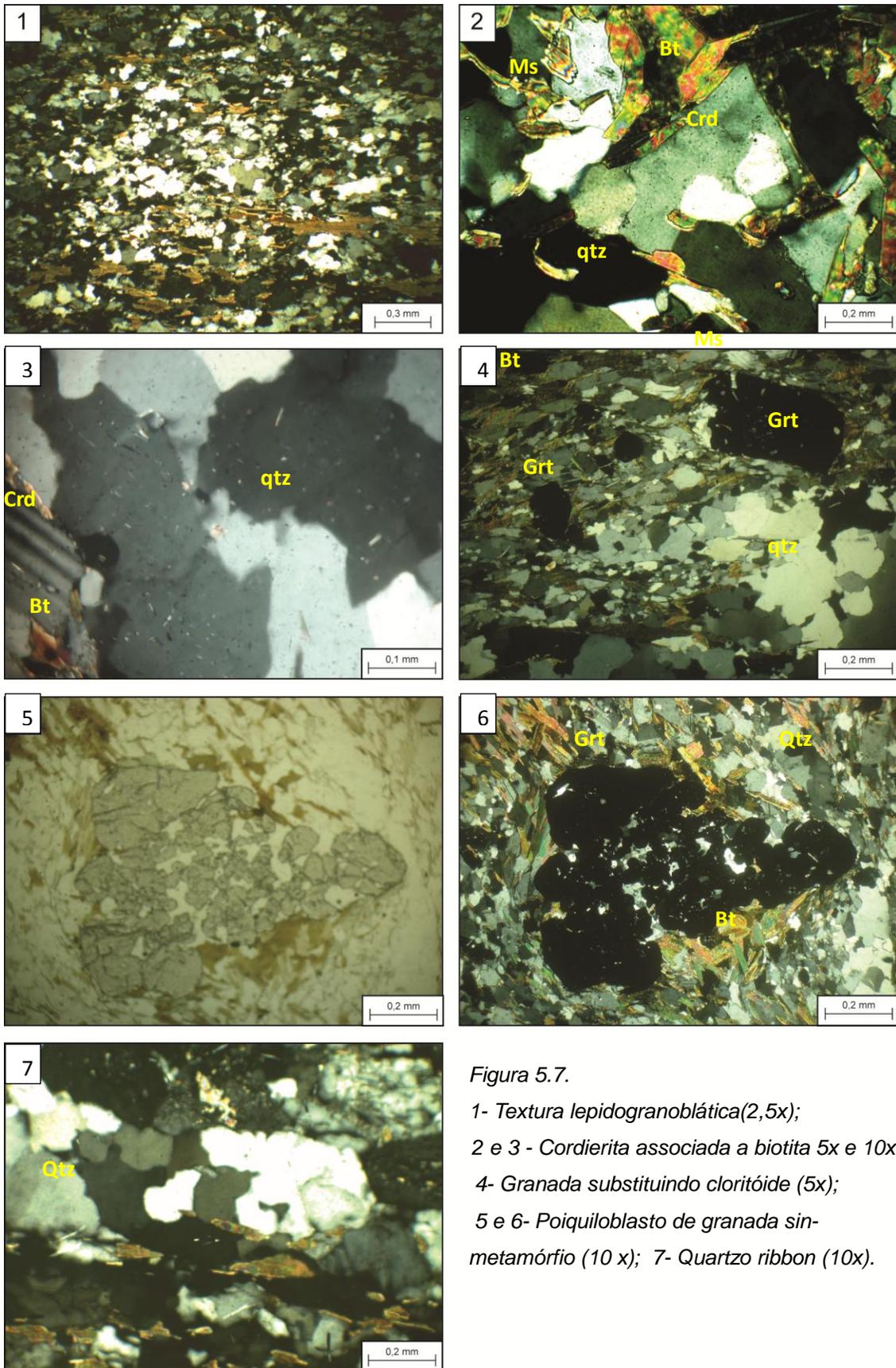


Figura 5.7.

- 1- Textura lepidogranoblática(2,5x);
- 2 e 3 - Cordierita associada a biotita 5x e 10x;
- 4- Granada substituindo cloritóide (5x);
- 5 e 6- Poiquiloblasto de granada sin-
metamórfio (10 x);
- 7- Quartzo ribbon (10x).

5.3. Biotita granito

O granitóide está presente na região central mapeada. A rocha é de granulação média a fina, com excessão dos pegmatitos associados que possuem granulação grossa. Encontram-se encaixados por zonas de cisalhamento nas rochas que compõem o Complexo Granjeiro, com porções indeformadas no centro, e bordas com foliação incipiente.

Em lâmina observa-se uma granulação média, com estrutura compacta, textura fluidal e holocristalina, cristais inequigranulares com textura hipidiomórfica, isto quando não estão deformados. Texturas pertítica e anti-pertítica e mirmequítica também foram observadas (Figura 5.8- 3, 4 e 5)

O granito deformado possui uma granulação média a fina devido a recristalização dos minerais, resultante da implantação da foliação milonítica.

A foliação milonítica é definida por planos de biotita, com textura grano-lepidoblática e texturas formadas em regime dúctil como quartzo ribbon e profiroclastos de feldspatos rotacionados (Figura 5.8-6).

Os feldspatos encontram-se saussuritizados, com inclusões de quartzo, sericita.

Mineralogia observada: quartzo 30%, plagioclásio (albita e oligoclásio) 20%, k-feldspato (microclínio e ortoclásio) 30% e biotita 15%.

Minerais acessórios epidoto, zircão e opacos.

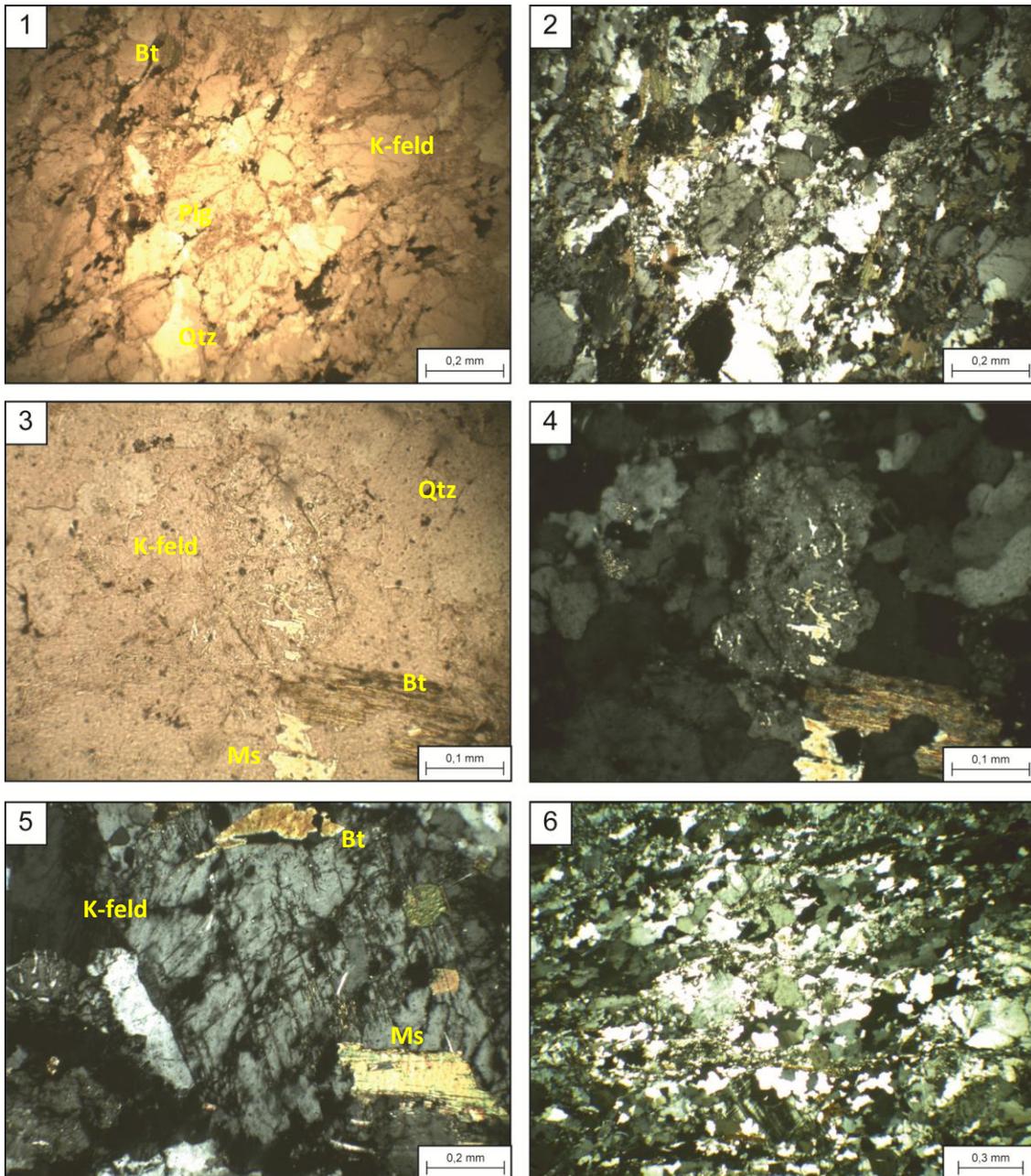


Figura 5.8. 1 e 2- Vista da lâmina com os minerais constituintes da rocha, Ln e Lp (5x). 3 e 4-K-feldspato com alteração sericítica, e grãos de quartzo policristalinos, em LN e LP (10x). 5- K-feldspato com mirmequita, e biotita sendo substituída por muscovita (5x). 6- Granito com foliação milonítica incipiente (2,5x).

5.4. Intrusões Tardi-Brasilianas

São representadas por pegmatitos, diques aplíticos e diques máficos.

5.4.1. Pegmatitos

Rocha de granulação grossa ocorre por vezes cortando a foliação gnaissica principal, e por vezes acompanhando a foliação, possui cor rósea e composição de quartzo, feldspatos e granada.

Em lâmina possui granulação grossa, estrutura compacta, holocristalina, textura inequigranular devido ao arranjo entre os grãos minerais subeuédricos serem irregulares. Apresenta também textura pertítica (Figura 5.9-2).

O quartzo possui uma variedade de aspectos, inclusive uma cor rosa.

O feldspato potássico (ortoclásio e sanidina) possui textura anti-pertítica e indica condição de alta temperatura e baixa pressão (Figura 5.9-1).

O plagioclásio (albita) encontra saussiritizado e fortemente deformado, foi visualizada uma forte crenulação em fenocristais de albita (Figura 5.9-3).

Pela análise da lâmina observa-se que os minerais constituintes apresenta bordas de alteração alteração sericítica. e até substituídos por muscovita. (Figura 5.9- 4).

Mineralogia essencial: Quartzo 35%, feldspato potássico 35%, plagioclásio 15%, granada 5%. Minerais acessórios: óxidos de ferro opacos.

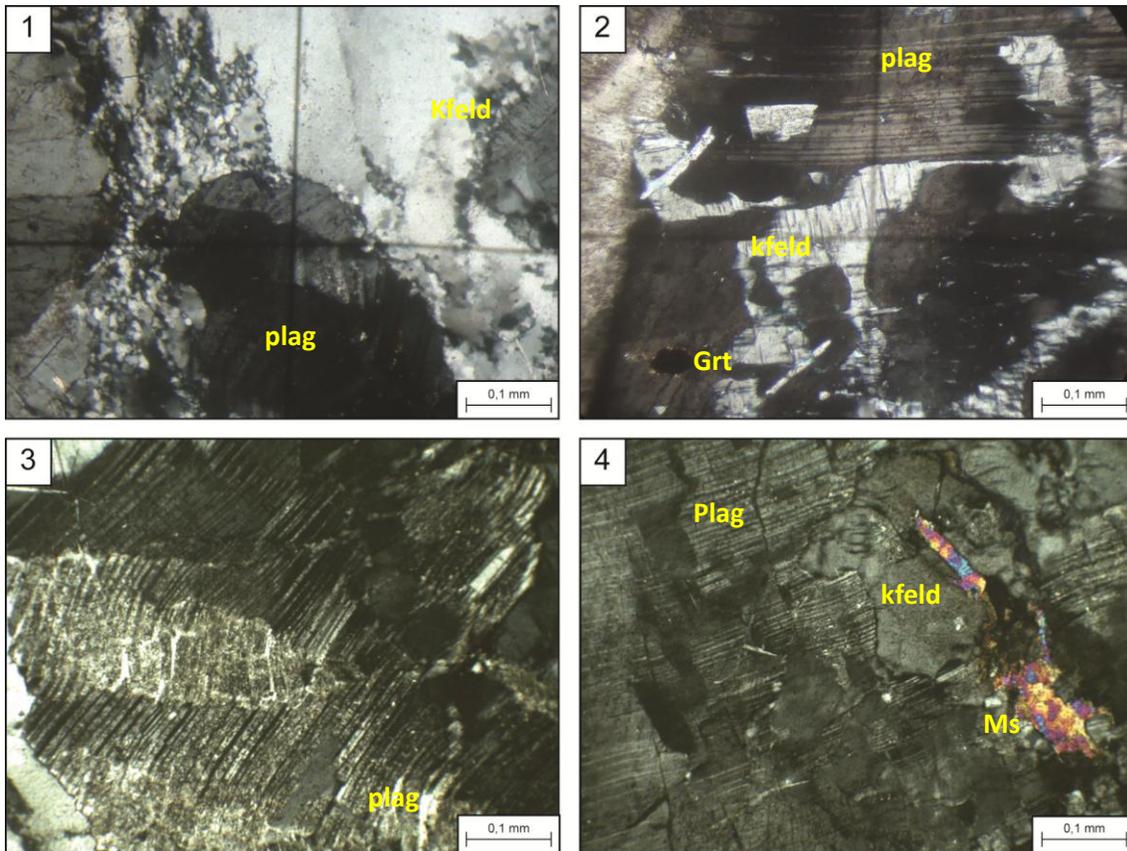


Figura 5.9. 1 e 2- Fenocristais de plagioclásio e k-feldspato em intercrescimento (10x). 3-Albita com crenulação (10x). 4- Muscovita sendo gerada a partir da alteração de feldspato(10x).

5.4.2. Dique ácidos aplíticos

Rocha de cor rósea afanítica. É perceptível um forte estiramento dos minerais conforme a foliação milonítica predominante nesta região sul da área, ocorre fraturas perpendiculares a SN+1 que encontram-se preenchidas por algum argilo mineral (Figura 5.10- 1e 2).

Em lâmina possuem uma granulação fina, com estrutura compacta, cristais inequigranulares com geometria xenomórfica composta de minerais anédricos de quartzo e feldspatos em contatos retilíneos ou lobulados.

A textura fluidal é indicada por cristais maiores de feldspato orientado segundo a matriz fina.

A albita possui textura de intercrescimento anti-perfítica e alterada por sericita.

A mineralogia essencial observada foi: quartzo 40%, feldspato potássico (ortoclásio) 35%, plagioclásio (albita) 15%.

Minerais acessórios observados: epídoto, zircão, clorita.

5.4.3. Dique máfico

Rocha escura afanítica, marcante presença de uma textura milonítica relacionada a implantação da foliação milonítica, como no dique aplítico.

Rocha com matriz muito fina composta por quartzo, plagioclásio, anfibólio e piroxênio. A foliação milonítica penetrativa é marcada pela intensa moagem dos cristais de quartzo e feldpatos, gerando porfiroblastos de quartzo com extinção ondulante (Figura 5.10- 5 e 6).

Os feldspatos sofrem substituição para muscovita e sericita. Ocorre, de modo secundário, clorita e epídoto.

A textura milonítica é marcada pela intensa recristalização dos grãos minerais devido ao metamorfismo dinâmico, sendo marcada por mecanismo de migração de borda de grão, como o quartzo envolto por sericita (Figura 5.10- 3 e 4)

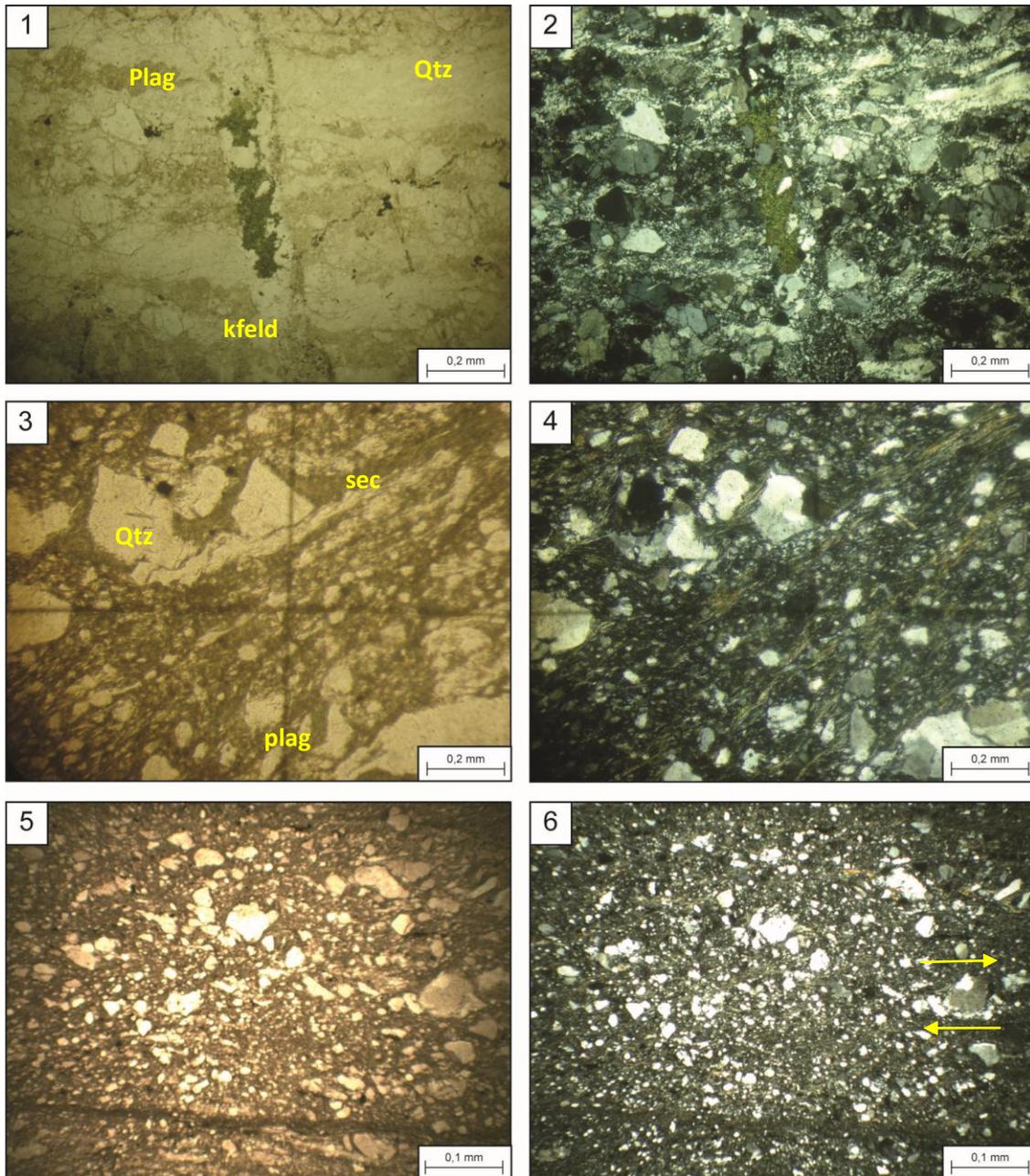


Figura 5.10. 1 e 2- Lâmina dique aplítico com uma composição essencialmente qtz-felds, e uma percolação de fluido na fratura com formação de epidoto (5x).

3, 4 5 e 5- Dique máfico com textura milonítica e estrutura s/c (5x). 5 e 6- Visão da lâmina com presença de fenocristais de quartzo intensamente fraturados (2,5x).

6. Contexto Estrutural

A área de estudo compreende rochas do Arqueano ao Paleoproterozóico afetadas por eventos orogenéticos paleoproterozóicos. Porém como toda a Província Borborema, esta foi fortemente afetada pela Orogênese Brasileira, neoproterozóica, sendo este evento responsável pelo arcabouço estrutural da área.

O Ciclo Brasileiro, caracterizado por grandes zonas de cisalhamento e intenso magmatismo granítico, foi o responsável pela estruturação da área e também pela obliteração dos registros da Orogênese Transamazônica. Regionalmente, é marcante a presença de grandes lineamentos estruturais com orientações NE-SW e E-W (Figura 6.1) sendo tendência dos verificada no Mapa de Lineamentos Estruturais (Figura 6.2).

O Lineamento Patos, de caráter transcontinental, separa na Província Borborema o Domínio Norte do Domínio da Zona Transversal e na África separa o Hoggar Central do Hoggar Leste no Escudo Tuareg (Caby, 2003). Esta megaestrutura possui um *trend* E-W, tem forte influência na área de estudo. Uma característica marcante em quase toda área é a presença de uma foliação milonítica de alto ângulo e lineação de estiramento mineral de baixo *rake*. A cinemática da deformação é dextral, estando indicada por sigmóides assimétricos de quartzo e feldspato, estruturas S/C e dobras assimétricas com eixos na direção N-S, perpendicular a direção de transporte tectônico.

Assim, a partir da análise das estruturas deformacionais em macro, meso e microescala foi realizada uma interpretação da história evolutiva da área.

Foram identificadas 3 fases deformacionais na área estudada (Dn-1, Dn e Dn+1), a separação destes eventos foram baseadas no comportamento e distribuição dos elementos estruturais (foliação, lineação e eixo de dobras) associados a um evento compressivo (Dn). Sendo os eventos Dn e Dn+1

relacionados a um regime de transpressão de grande expressão evidenciados por grandes zonas de cisalhamentos transcorrentes.

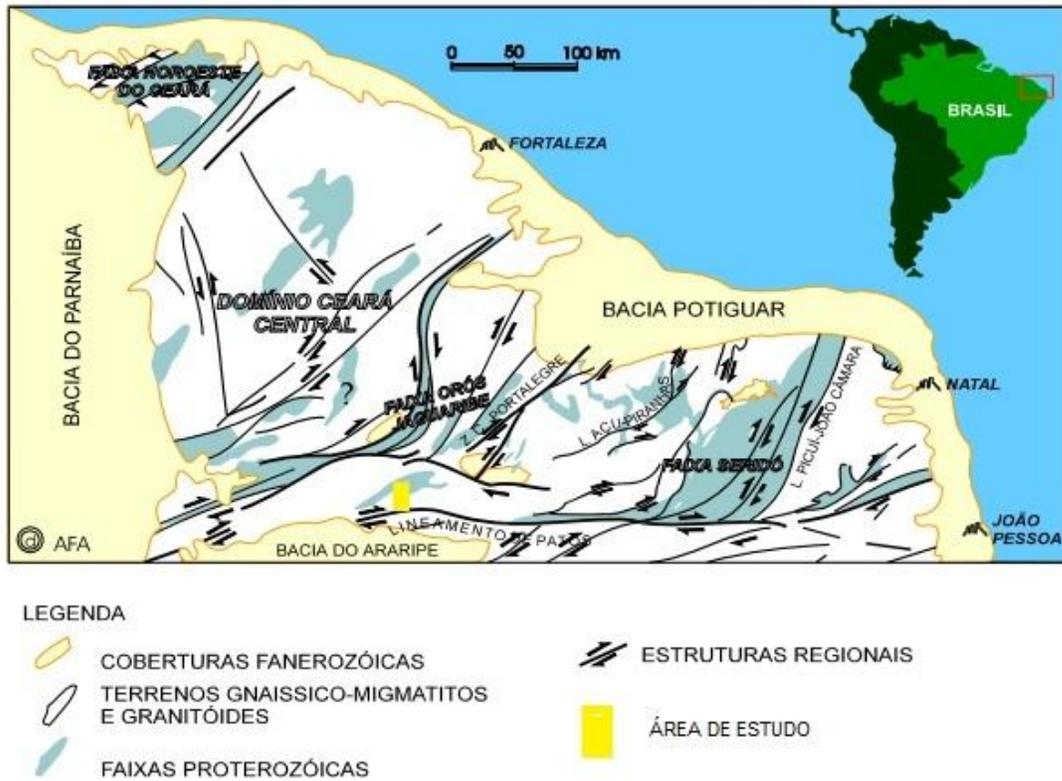
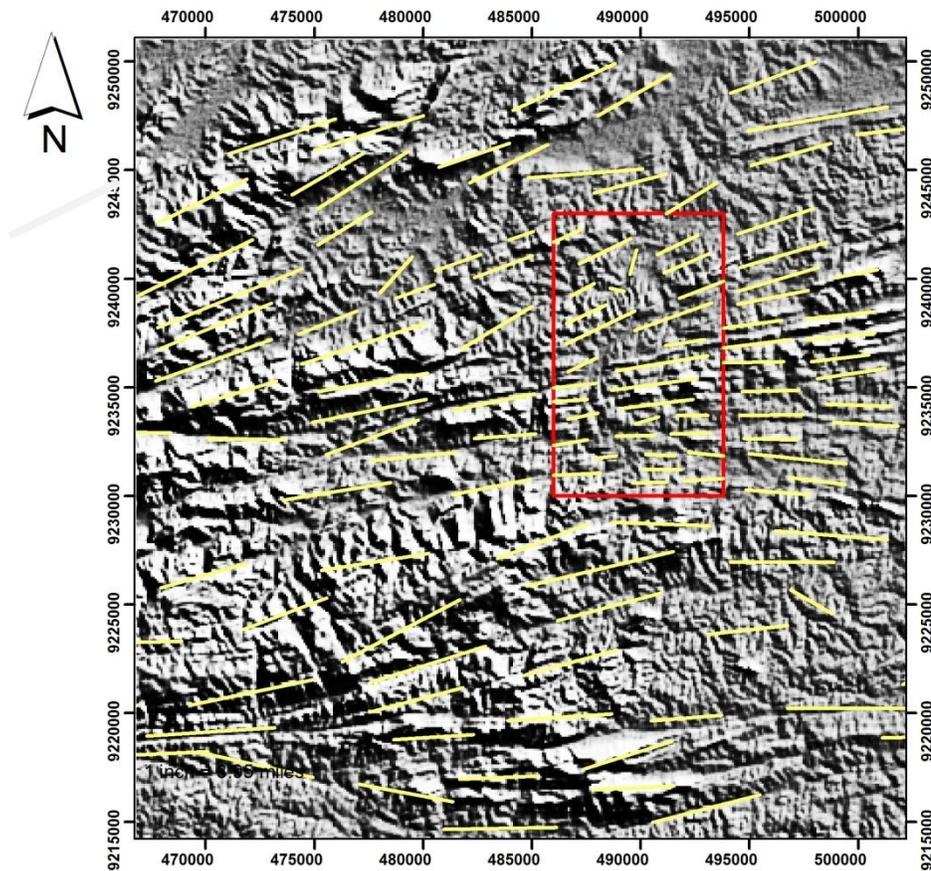


Figura 6.1. Feições estruturais regionais e Terreno Granjeiro situado na área de estudo. Modificado de Jardim de Sá 1994.

Mapa de Lineamentos Estruturais



1:250000

Legenda

- Lineamentos
- área de estudo

Figura 6.2. Mapa de lineamentos mostrando as principais direções SW-NE e E-W sob influência do Lineamento Patos.

6.1. Fase Deformacional (Dn-1) - Pré- Brasileiro

Ocorre em regime de compressão com caráter dúctil e dúctil-rúptil evidenciados por dobramentos que evoluem para dobras de arrasto que podem estar associadas a uma mudança no nível crustal em que ocorre a deformação.

A fase deformacional Dn-1 é composta por uma tectônica tangencial, relacionada às zonas de empurrão que afetam toda seqüência Metavulcanosedimentar.

Esta fase é caracterizada pela formação do bandamento gnáissico observados nas rochas do Complexo Granjeiro, pela foliação Sn-1, lineação Ln-1, e alguns dobramentos, evidenciados por dobras isoclinais apertadas orientadas segundo a foliação principal Sn.

A fase, Dn-1, é interpretada como sendo um registro pré-Brasiliano, tendo seu registro sido fortemente obliterado e suas medidas afetadas por deformações posteriores, Dn e Dn+1.

A foliação Sn-1 é responsável pelo bandamento gnáissico observado nas rochas do Complexo Granjeiro. Apresentam planos definidos por biotitas ou hornblendas, espessura variável de milimétrica a métrica, sendo predominantes as bandas quartzo-feldspáticas. Possui direção paralela a foliação Sn. A foliação Sn-1 tem seu registro apenas em caráter reliquiar, suas medidas possuem direção preferencial NE-SW com mergulhos de baixo ângulo (Figura 6.3 a e b). Porém estas medidas encontram-se fortemente re-orientadas pelos Eventos Brasileiros e pela implantação das grandes zonas de cisalhamento que afetaram toda província.

A lineação Ln-1 possui orientação preferencial E-W, principalmente devido a re-orientação causada pelo cisalhamento (Figura 6.3.b). Algumas medidas de Ln-1 (310/10, 300/10) nos afloramentos do Complexo Granjeiro, foram interpretadas como registros reliquiares de Dn-1, pois configuram medidas de lineação downdip

indicando um encurtamento para NW, evidencia do cavalgamento que afetou a área.

As dobras Fn-1 ocorrem em migmatitos (figura 6.4), correspondendo a dobras intrafolias com influência de Fn, pois seus planos axiais encontram-se paralelizados a Sn. Dobras Isoclinais normais e recumbentes e dobras assimétricas foram observadas no Complexo Granjeiro.

Desta forma, associando os planos de foliação com as lineações de estiramento mineral com orientação preferencial para NW, verifica-se ainda indicadores cinemáticos como dobras de arrasto, eixos de crenulção, boudinagem além de um contato abrupto entre rochas da Sequência Metavulcanossedimentar com os xistos da Sequência Lavras da Mangabeira, que leva a uma interpretação de falhas de cavalgamento, com transporte tectônico de NW para SE como caracterizados na região nordeste da área, observado nos pontos 168 (489445-9242800), 169 (489707/9242900).

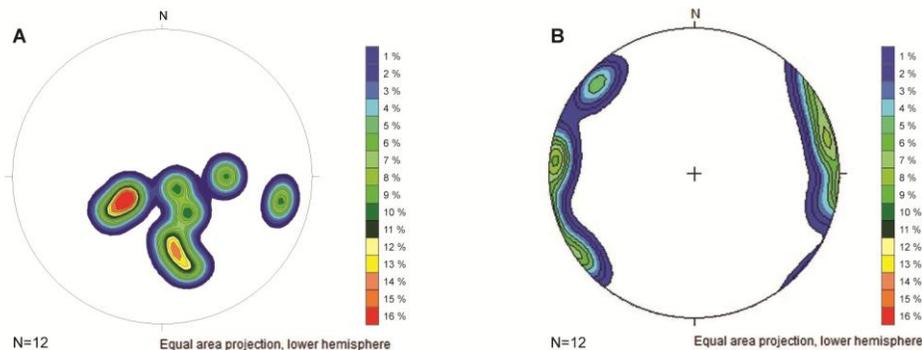


Figura 6.3 A- Dispersão de medidas da foliação Sn-1, representação dos polos dos planos indicando direção preferencial para NE e mergulhos de baixo ângulo.

B- Medidas de Ln-1, algumas medidas de Ln-1 downdip, foram observadas indicando uma componente de encurtamento para NW.

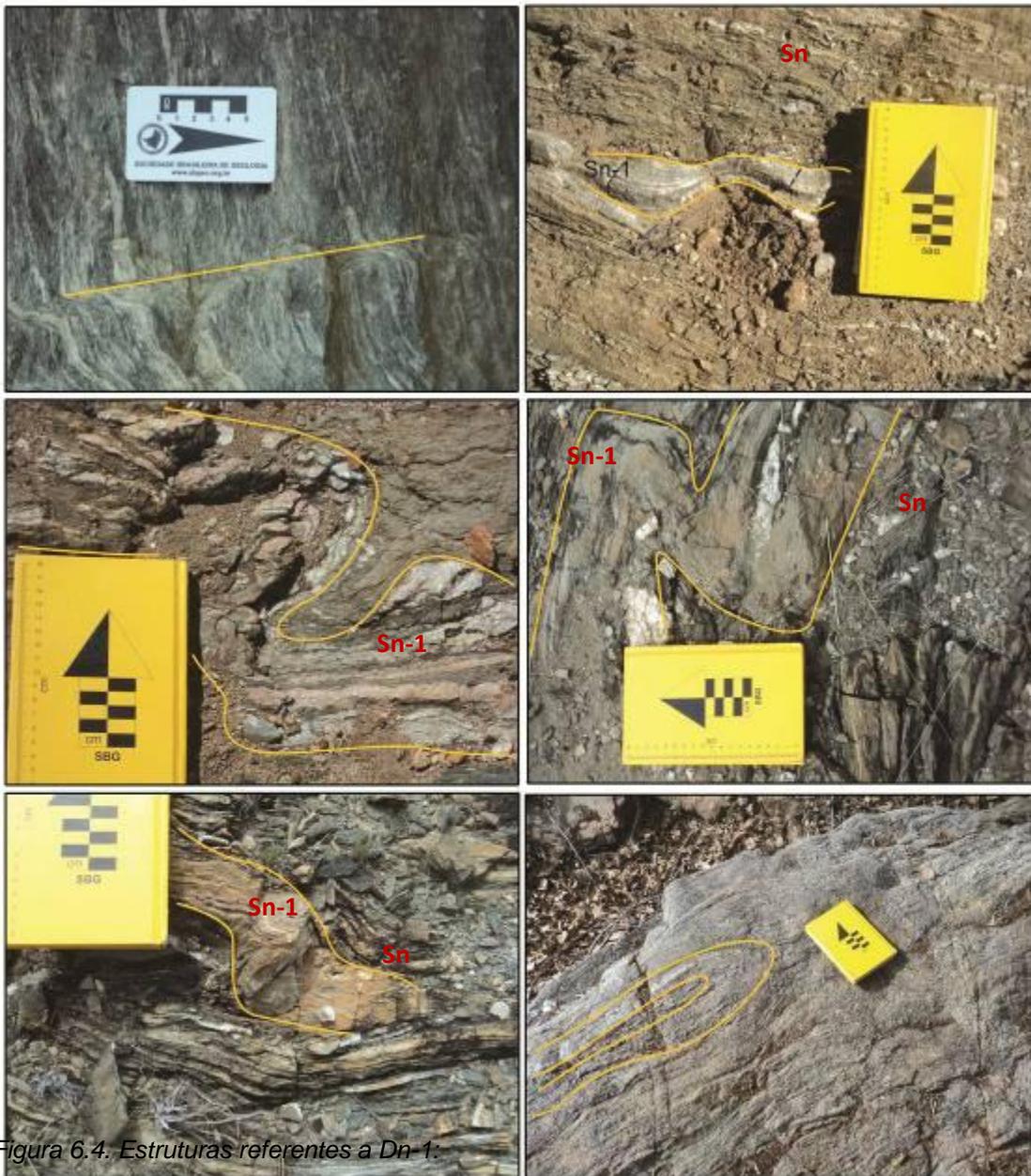


Figura 6.4. Estruturas referentes a Dn 1:

1- Eixo de crenulação com direção aproximadamente N-S.

Coordenadas UTM: 490674/9239251.

2, 4, 5- Foliação Sn-1 dobrada em diferentes estilos, desde dobras isoclinais recumbentes (2,5,6) a abertas (3) com redobramento associado a Dn (2,5); Coordenadas UTM: fotos 2 e 3- 488590/ 9233131; fotos 4 e 5: 492386/ 9237310.

6- Dobra intafolial tipo bengala em migmatito com plano axial paralelo a foliação Sn. Coordenadas UTM: 4922120/9236713.

1	2
3	4
5	6

6.2. Fase Deformacional (Dn e Dn+1)- Brasileiro

Este evento deformacional afeta a área como um todo, sendo caracterizado por uma deformação progressiva. Inicialmente, esta fase é marcada por uma tectônica tangencial dúctil, com metamorfismo fácies anfíbolito, fase Dn, evoluindo para um regime de cisalhamento transpressivo dextral.

O evento Dn é marcado pela foliação Sn presente nos planos axiais de dobras da fase Dn-1. O evento Dn+1 tem origem relacionada ao aumento da intensidade da deformação, no auge do Ciclo Brasileiro. O desenvolvimento desse evento dá-se em fácies xisto verde a anfíbolito superior por uma tectônica transpressiva dextral associada a um intenso magmatismo granítico. É responsável pela formação de enormes veios pegmatíticos e intensa remobilização de sílica e fluídos metamórficos (figura 6.7-6) e possivelmente, a um magmatismo bimodal presente ao sul da área mapeada.

A deformação Dn+1 é responsável pela formação da foliação milonítica (Sn+1) penetrativa, dobras inclinadas assimétricas Fn+1 com plano axial com mergulhos médios a sub-verticais, lineações minerais de estiramento (Ln+1) na direção E-W, lineação de interseção e eixos de crenulação.

As estruturas desenvolvidas nos eventos Dn e Dn+1 serão abordadas de modo conjunto por serem eventos contínuos e progressivos.

A foliação Sn possui orientação paralela aos lineamentos regionais, com uma direção SW-NE (~ 60° NE), com mergulhos de baixo a médio ângulo preferencialmente para SE (Figura 6.5a). Esta foliação Sn é encontrada em todos os litotipos da área, ocorrendo paralela ao bandamento gnáissico. As lineações minerais apresentam baixo ângulo de caimento, preferencialmente para NE e ainda para SW (Figura 6.5b). A disposição dos planos de foliação e lineação indicam uma estruturação numa rampa lateral.

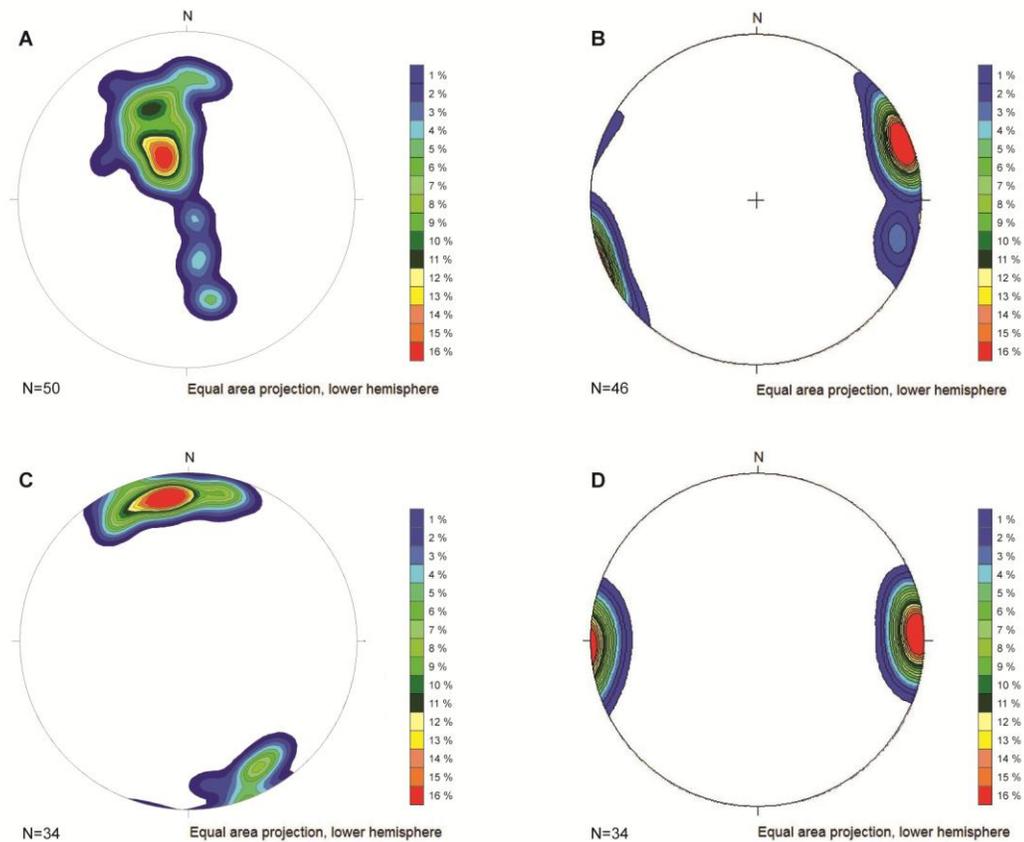


Figura 6.5. A- Medidas referentes aos polos dos planos de foliação S_n , indicando direção NE com mergulhos de baixo ângulo a médio ângulo.

B- Medidas de lineação de esturamento mineral L_n acompanha a direção preferencial, com mergulhos com baixo rake, evidenciando a estruturação em uma rampa lateral.

C- Medidas referentes aos polos dos planos de foliação milonítica S_{n+1} , marcada por mergulhos subverticais e direção E-W.

D- Medidas de lineação de estiramento mineral L_{n+1} , com caimento na direção E-W, com mergulhos de baixo rake.

A foliação milonítica S_{n+1} é penetrativa, definida pela orientação de minerais como biotita e anfibólio, e grãos de quartzo que apresentam alto grau de estiramento. Apresenta, em menor expressão, direção NE-SW, com mergulhos sub-verticais a verticais principalmente na direção SE, direção E-W em sua grande maioria devido a forte influência da Zona de Cisalhamento Patos, situada ao sul da área (Figura 6.5c). A foliação milonítica encontra-se em todos os litotipos da área mapeada, inclusive na borda do granito que ocorrem no centro da área.

A lineação de estiramento mineral L_{n+1} possui direção E-W e mergulhos com baixo caimento (Figura 6.5d), denotando o caráter direcional dessa deformação.

Os eixos de dobra possuem direção segundo o *trend* regional NE-SW, por vezes apresentam rotacionados na direção E-W e mergulhos suaves até subverticais devido à atuação de F_n . Os flancos apresentam mergulhos variando entre 30° e 50° a subverticais devido à influência de F_{n+1} . No diagrama de freqüência (Figura 6.6) é possível visualizar um eixo na direção N-S, interpretado como referente a D_{n-1} . Adicionalmente, ocorrem eixos de crenulação, associado ao desenvolvimento da foliação milonítica, paralelos ao eixo de F_n . Estes eixos de crenulação estão associados a um dobramento de maior expressão, F_{n+1} , provavelmente de caráter regional.

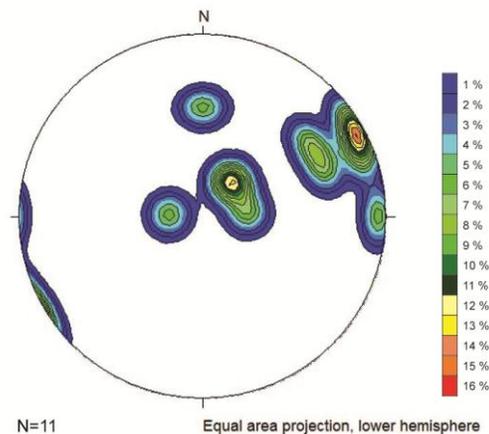


Figura 6.6. Medidas referentes aos eixos de dobras, indicando a rotação dos eixos na direção NE-SW para E-W

Através dos indicadores cinemáticos representados por minerais rotacionados (augen gnaisses-figura 6.7-3), sigmóides de quartzo estruturas S/C (figura 6.7-2) analisados no plano XZ do elipsóide de deformação indicam um movimento dextral, assumindo assim, que o cisalhamento nestas rampas laterais

é do tipo “cisalhamento simples” onde os indicadores cinemáticos evidenciam uma deformação rotacional.

Pelos diagramas obtidos verifica-se que a deformação teve um regime compressivo na direção NW-SE. Pelo diagrama da foliação S_n (Figura 6.5-A) percebe-se que a foliação tem uma direção preferencial para NE com mergulhos suaves a intermediários para NW e SE, isto é evidencia dos dobramentos em que a região foi submetida, a lineação possui um caimento preferencialmente para NE-SW. Verifica-se que a progressão na deformação é evidenciado pela implantação da foliação milonítica com mergulhos sub-verticias a verticais e pela intensa silicificação das rochas, caracterizando a atuação progressiva do evento D_{n+1} .

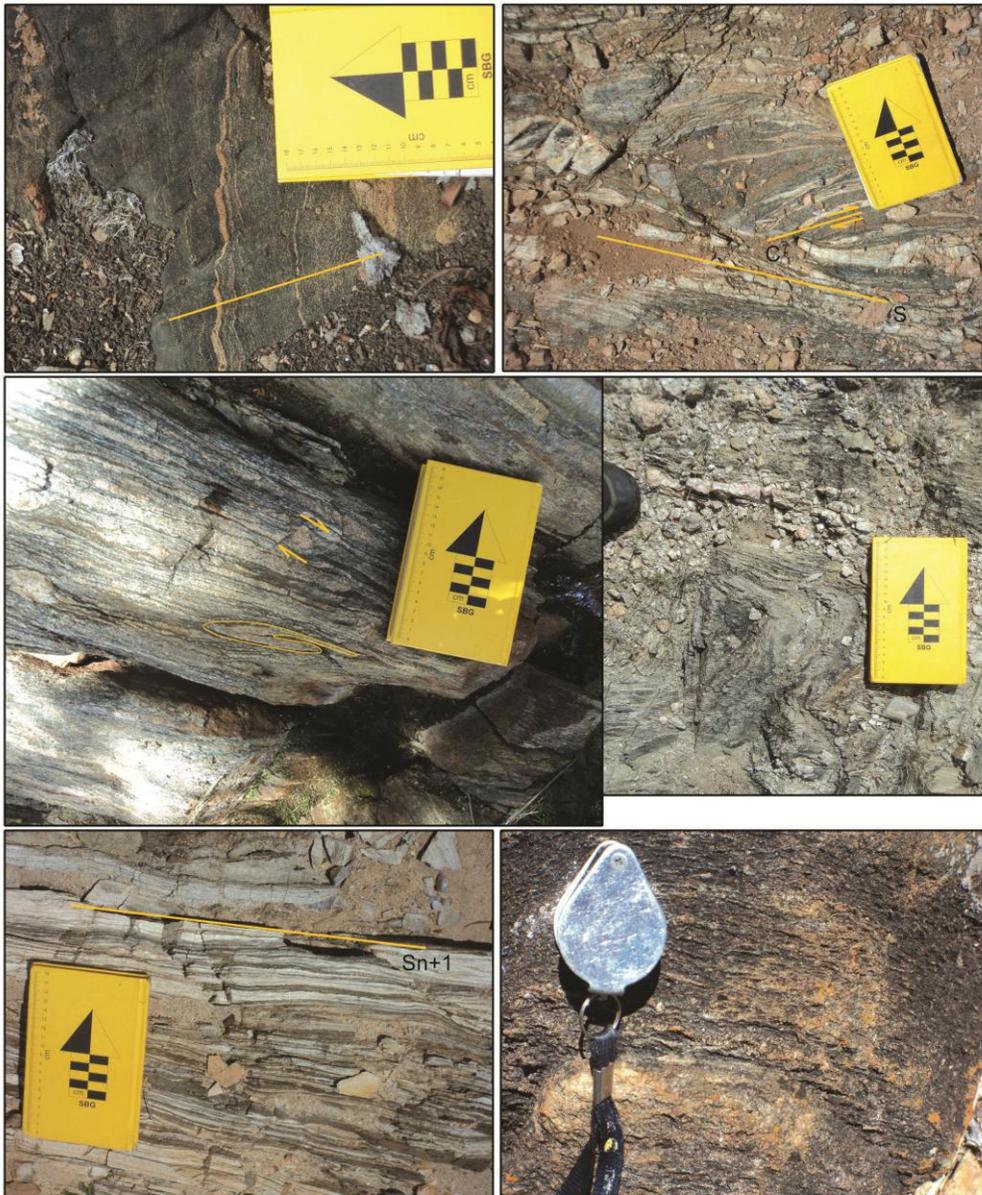


Figura 6.7- Estruturas referente a D_n e D_{n+1} : 1- Eixo de crenulação do dobramento associada a F_n . Coordenadas UTM: 488802/9234271;

2- Estrutura S-C, indicando uma zona de cisalhamento. Coordenadas UTM: 487526/9231279;

3- Dobra intrafolial tipo bengala e porfiroblasto de K-feldspato rotacionado com movimento dextral. Coordenadas UTM: 488802/9234271.

4- Dobra em bainha Coordenadas UTM: 486983/9234006;

olição ilonítica S_{n+1} . Coordenadas UTM: 487630/9236073.

6- Textura referente a passagem de fluídos e sílica metamórfica, na direção leste, evidência de zona de falha. Coordenadas UTM: 488056/ 9230553.

1	2
3	4
5	6

6.3. Síntese estrutural

A área mapeada insere-se no contexto geotectônico da Província Borborema. Sua estruturação está relacionada a uma evolução policíclica, como observado neste trabalho, com a caracterização de três diferentes ciclos tectono-termiais, sendo o ciclo Brasileiro responsável pela estruturação e formação do arcabouço geotectônico da área.

Nesta análise estrutural da área verificou-se a complexidade estrutural da região, marcada por um *trend* regional NE-SW e E-W devido a influência das zonas de cisalhamento brasileiras, em especial o Lineamento Patos cuja influência regional é muito forte, sendo ele responsável por uma faixa milonítica que possui uma largura de 15 km, Vasconcelos (1998).

Assim, devido à superposição dos eventos mais jovens D_n e D_{n+1} , o registro do evento D_{n-1} é muito escasso e de difícil caracterização pois suas evidências foram obliteradas. O evento D_{n-1} possui feições associadas a um bandamento metamórfico e dobras intrafoliais presentes nos migmatitos do Complexo Granjeiro.

A análise dos eventos D_n e D_{n+1} , em diferentes escalas de observação, permite afirmar se tratar de pelo menos dois eventos tectônicos de grande expressão. O primeiro evento D_n é composto por uma tectônica tangencial de caráter convergente, com componente cisalhante dúctil. O segundo evento D_{n+1} é composto por uma intensa transcorrência dextral caracterizada por um cisalhamento dúctil. A análise do comportamento da deformação no campo possibilitou a caracterização de uma deformação progressiva entre as fases D_n e D_{n+1} que afetou a região.

Analisando as unidades separadamente com o intuito de dividir a área em diferentes domínios estruturais, é possível identificar cavalgamentos a noroeste e a sudeste da área, marcado por contatos originados pela formação de rampas laterais oblíquas, relacionados ao movimento do Complexo Granjeiro devido seu

contato tectônico com as outras unidades adjacentes, sendo este domínio estrutural relacionado à zonas de cisalhamento que afetaram a área como um todo, causando a rotação e sobreposição das estruturas.

Assim, analisando os dados estruturais, pode-se correlacionar os eventos D_n e D_{n+1} separadamente. De modo contínuo e progressivo, sem separá-los em diferentes domínios, tem-se uma deformação progressiva onde se observa a variação dos esforços compressivos até a implantação de um regime transcorrente com a rotação das atitudes, estruturas e implantação de uma foliação milonítica marcante em toda área mapeada.

7. Evolução geotectônica

Após a realização das análises referente ao contexto estrutural e metamorfismo, foi realizada uma interpretação para ilustrar um modelo geotectônico para a região (Figura 7.1).

A Província Borborema, no que se refere à área mapeada, situada a norte do Lineamento Patos, exhibe uma complexidade estrutural e geotectônica para seu arcabouço tectônico, referente a elementos de idade pré-cambriana que foram afetados por pelo menos dois distintos eventos deformacionais, estando o evento Transamazônico pouco preservado devido ao forte retrabalhamento imposto pelo evento Brasileiro, responsável pela formação do arcabouço estrutural da área.

Eventos mais recentes, datados do Mesozóico, foram interpretados como reativações dessas grandes falhas, Brito Neves (2000). Evidências deste evento são relacionadas a um fraturamento na direção N-S, perpendicular ao *trend* regional das estruturas, como pode ser visualizado nas drenagens principais que cortam a região. Desta forma modelo geotectônico evolutivo, elaborado para a área (figura 7.1.), fica evidente que o evento deformacional Brasileiro através da implantação de grandes zonas cisalhamento transcorrentes e plutonismo granítico foi o responsável pela formação do arcabouço geotectônico da área, sendo os eventos relacionados a uma estruturação com implantação de rampas laterais oblíquas.

Assim pela deformação progressiva imposta por esta estruturação os contatos entre as unidades são tectônicos associados a um regime compressional evoluindo para uma transpressão, sendo essa deformação marcada por um metamorfismo fácies anfíbolito a anfíbolito superior, com fusão parcial local, com um retrometamorfismo fácies xisto verde.

De modo geral as camadas apresentam direção NE-SW com mergulhos variando para NW e SE associados a um padrão de dobramento regional. Na porção central e centro sul, o *trend* regional dominante passa a ser E-W com

mergulhos verticais a subverticais associados a zonas transcorrentes. Consistentes indicadores cinemáticos e lineação de estiramento mineral com orientação E-W de baixo *rake*, caracterizam desta forma, a estruturação em rampas laterais oblíquas relacionadas aos contatos tectônicos entre as unidades.

Em relação ao modelo tectonometamórfico conclui-se que relacionado a implantação das grandes transcorrências ocorreu o alojamento do corpo granítico, tendo ele um formato sigmoidal, não apresentando deformação em sua parte central, e em suas bordas apresenta-se com foliação milonítica incipiente. Associado a esse evento, deu-se uma forte alteração do padrão geotérmico na região, evidenciado por rochas com intenso dobramento e fusões parciais.

Assim, é provável que as zonas transcorrentes encontradas em toda região sejam as responsáveis pelos cavalgamentos entre as unidades com vergência para SE em um regime tranpressional.

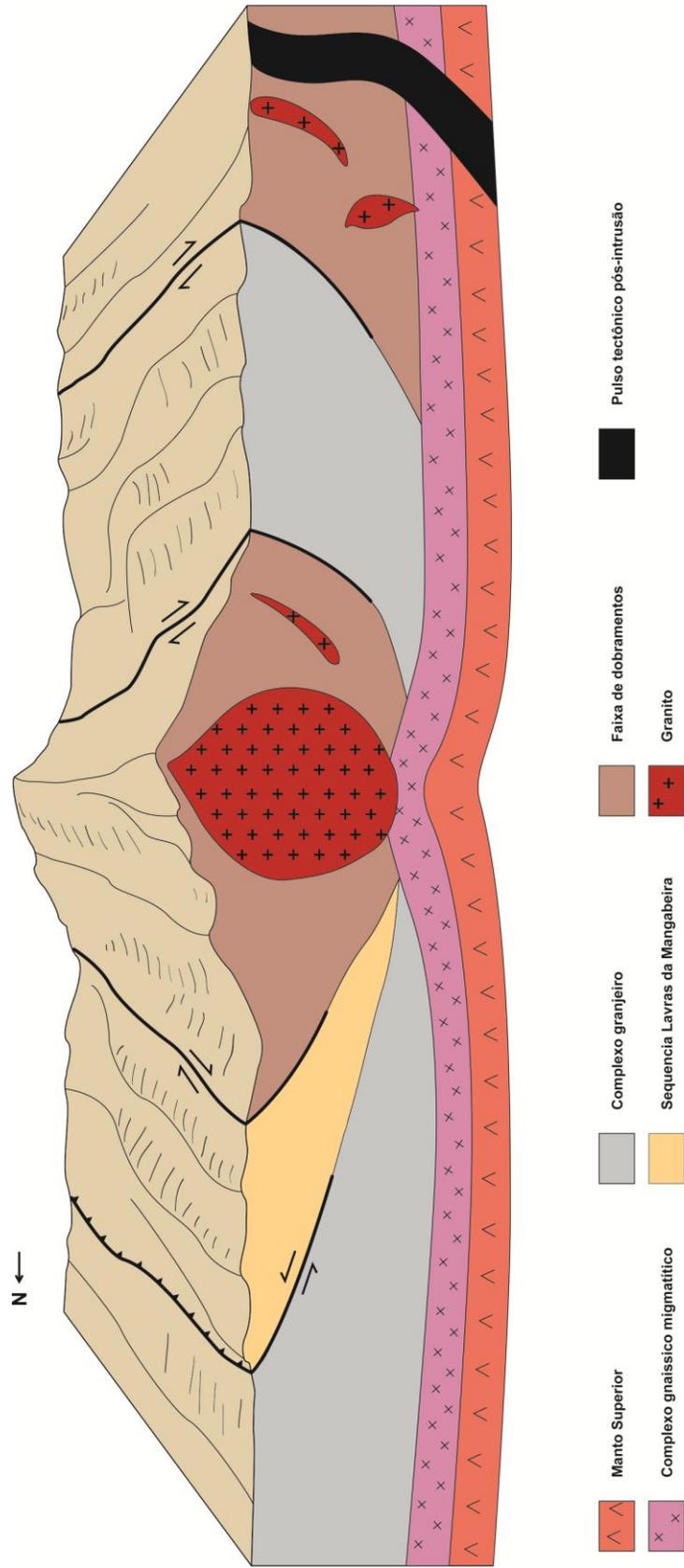


Figura 7.1. Bloco diagrama representando uma interpretação para o ambiente geotectônico.

8. Considerações finais

Assim foram mapeadas e caracterizadas duas grandes unidades com 10 litotipos identificados no total, além de alguns litotipos que ocorrem em menor expressão como migmatitos, intrusões tardi-brasilianas, *metachert* e calcissilicáticas, que por uma questão de escala não aparecem no mapa.

As unidades mapeadas foram:

- Sequência metavulcanossedimentar composta por rochas de provável idade arqueana. Os litotipos presentes são muscovita-biotita gnaiss, anfíbolito, tremolítico e quartzito ferrífero, esta sequência encontra-se intrudida pelo hornblenda ortognaiss de possível idade paleoproterozóica, e pela intrusão do biotita granito de idade neoproterozóica.
- Sequência Lavras da Mangabeira composta por rochas neoproterozóicas, sendo os litotipos presentes granada-cordierita-biotita xisto, com níveis de muscovita quartzito e filito grafitoso.

Do ponto de vista estrutural a região foi submetida por uma tectônica tangencial com um regime transpressional, onde as unidades foram colocadas em contato tectônico devido à implantação de rampas laterais oblíquas, a área é intensamente afetada por grandes zonas de cisalhamento transcorrentes e seus litotipos encontram-se milonitizados, em sua maioria.

O metamorfismo observado, pela interpretação das paragêneses, é de fácies anfíbolito a anfíbolito superior com retrometamorfismo em fácies xisto verde.

O Complexo Granjeiro corresponde a uma sequência muito difícil de ser caracterizada e individualizada. Mesmo na escala 1:25.000, não é possível obter uma individualização muito precisa dos litotipos presentes nas unidades pois muitas vezes eles ocorrem de maneira indivisa, sendo necessário uma escala ainda maior para um melhor detalhamento e caracterização.

A maior dificuldade para a caracterização do Complexo Granjeiro está relacionada ao seu contexto estrutural, que dificulta estabelecer qualquer informação sobre sua estratigrafia sem o auxílio de datações geocronológicas pois algumas unidades ainda carecem de datações, ou geoquímica de elementos traço para poder relacionar a região dentro de algum modelo geotectônico.

Os Gnaisses que compõem o Complexo Granjeiro, na área mapeada, possuem mineralogia e estruturas bastante semelhantes, além, de em determinadas porções, estarem interdigitados entre si. Para individualização dos gnaisses que compõem a área foi estabelecido um critério de domínio entre eles, ou seja, os gnaisses foram individualizados de acordo com o predomínio e ocorrência entre si, sendo esta individualização nem sempre simples.

Assim como sugestão para trabalhos futuros a fim de uma melhor caracterização do Complexo Granjeiro, seja necessário, mapeamento em maior escala, análises geoquímicas e geocronológicas, estudo sobre alterações hidrotermais e inclusões fluídas.

Tendo em vista seu contexto geológico, terreno arqueano composto por uma sequência com rochas máficas e ultramáficas truncadas por pegmatitos, corresponde a um cenário propício para a ocorrência de mineralizações.

9. Referências

- ALMEIDA, F. F. M., 1977, *O Cráton do São Francisco*. Rev. Bras. de Geociências, 7: 349-64.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B. B.; FUCK, R. A., 1981, *Brazilian Structural provinces: an introduction*. Earth Science Reviews, 17: 1-2.
- AMARAL, W. S., SANTOS, T. J. S., 2008. Airborne geophysical and tectonics of the Ceará Central Domain, Eastern Region of the Santa Quitéria Magmatic Arc, Borborema Province, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica* 26(4),527-542.
- AMARAL, W.S., 2010. Análise geoquímica, geocronológica e geotermobarométrica das rochas de alto grau metamórfico, adjacentes ao arco magmático de Santa Quitéria, NW da Província Borborema. PhD. Dissertation, State University of Campinas, Brazil, 234 p.
- ANCELMI, M.F. 2011. Metamorfismo e estudo de proveniência, baseado em U-Pb em zircões detríticos e isótopos de Nd, das rochas metassedimentares da Faixa Eclogítica de Forquilha (CE), NW da Província Borborema. *Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual de Campinas.
- ARTHAUD, M. H., 2007. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 132 p.
- ARTHAUD, M. H., CABY, R., FUCK, R. A., DANTAS, E. L., PARENTE, C. V., 2008. Geology of the northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. In: Pankhurst, R. J., Trouw, R. A., Brito Neves, B. B., Wit, M. J. (eds). *West Gondwana: pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region*. Geological Society, London, Special Publications 294, 49-67.

- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M. et al. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 674 p.
- B. DE BRITO NEVES, W. R. VAN SCHMUS, E.J. DOS SANTOS, M. C. CAMPOS NETO, M. KOZUCH. 1995, O evento cariris velhos na província borborema: integração de dados, implicações e perspectivas. Rev. Bras. De Geociências 25(4):279-296.
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U. G. ; MILANI, E. J. ; THOMAZ FILHO, A. ; CAMPOS, D.A. (eds). 2000 *Tectonic Evolution of South America*. INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., Rio de Janeiro, p. 151-182.
- BRITO NEVES, B. B.; SCHMUS, W. R. V.; FETTER, A. H. 2001. Noroeste da África – Nordeste do Brasil (Província Borborema): ensaio comparativo e problemas de correlação. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, São Paulo, v.1, p.59-78.
- BRITO NEVES, B.B et al. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Geologia USP. Série Científica*, v. 3, p. 25-38, 2003.
- CABY, R.; ARTHAUD, M. H.; ARCHANJO, C. J. 1995. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 3, p. 235-246.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B. (1982) The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 12, n. 1-3, p.78-88.
- CPRM. 2003. *Mapa Geológico do Estado do Ceará - Escala 1:500000*. Edit. Cavalcante, J.C., Ferreira, C.A., Arnesto, R.G.G., Medeiros, M.F., Ramalho, R., Braun, O.P.G., Baptista, M.B, Cunha, H.C.S., Derze, G.R. Fortaleza. Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

- DANTAS E.L. VAN SCHMUS W.R. HACKSPACHER P.C. FETTER A.H. BRITO NEVES B, B. CORDANI U. NUTMANE A,P. WILLIAMS I,S. 2004. The 3.4–3.5 Ga São José do Campestre massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America.
- DANTAS E.L.; SOUZA Z,S.; WERNICK E.; HACKSPACHER P.C.; MARTIN H. XIAODONGE D.; LI J.W. 2013. Crustal growth in the 3.4–2.7 Ga Sao Jose de Campestre Massif, Borborema Province, NE Brazil.
- FETTER, A.H., 1999. U–Pb and Sm–Nd geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of Gondwana. University of Kansas, Ph.D. thesis 164 p.
- FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S.; VAN SCHMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C.; BRITONEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.; WERNICK, E., 2003, *Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana*. *Gondwana Research*, 6 (2): 265-273.
- GOMES H.A. 2000. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Jaguaribe–SW, Folha SB.24-Y. Estados do Ceará, de Pernambuco e do Piauí. Escala 1:500.000 / organizado por José Roberto de Carvalho Gomes e Antonio Maurílio Vasconcelos. – Brasília: CPRM, 2000.
- HUHN, S. R. B., JUSTO, A. P., SOUZA FILHO, C. R. D., & MONTEIRO, L. V. S. 2011. Caracterização geológica do prospecto de óxido de ferro-cobre-ouro (IOCG) Aurora, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 41(3), 525-538.
- JARDIM DE SÁ, E.F. *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana*. 1994. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 803 p.

- JARDIM DE SÁ, E.F., MACEDO, M.H.F., FUCK, R.A. 1992. Terrenos Proterozóicos na Província Borborema e a margem norte do Cráton São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, 22:472-480.
- MARTINS, G., OLIVEIRA, E. P., LAFON, J.-M., 2009. The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: Geochemical and geochronological evidence for Paleoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. *Gondwana Research* 15, 71-85.
- MARTINS, G., & OLIVEIRA, E. P. (2010). Petrogênese dos Ortognaisses Cipó e implicações para Evolução Crustal durante o Paleoproterozóico no Domínio Ceará Central da Província Borborema. *Revista de Geologia*, 23, 1.
- NOGUEIRA, J. F. 2004. *Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu–Ceará Central* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA).
- SANTOS E.J. & BRITO NEVES B.B. Província Borborema. In: Almeida F.F.M., Hasui Y. (eds.) 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blucher, 378p.
- SANTOS E.J., OLIVEIRA R.G., PAIVA I.P. 1997. Terrenos do Domínio Transversal da Província Borborema: controles sobre acresção e retrabalhamento crustais ao sul do Lineamento Patos. In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, *Resumos Expandidos*, p. 11-14.
- SANTOS, T. J. S. 1999. Evolução tectônica e geocronológica do extremo Noroeste da Província Borborema. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Tese de Doutorado.
- SANTOS, T. J. S.; FETTER, A. H.; NOGUEIRA NETO, J. A., 2008, *Comparisons between the northwestern Borborema Province, NE Brazil, and the southwestern Pharusian Dahomey Belt, SW Central Africa*. In PANKHURST, R. J.; TROUW, R. A. J.; BRITO NEVES, B. B.; WIT, M.J. [eds.], 2008, *West Gondwana: Pre-*

Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. Geological Society, London. Special Publication, 294. 427pgs.

SILVA, L. C.; McNAUGHTON, N. J.; MELO, R. C.; FLETCHER, I. R. U-Pb SHRIMP ages in the Itabuna-Caraíba TTG high-grade complex: the first window beyond the paleoproterozoic overprinting of the eastern Jequié craton, NE Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, 2, Salvador, 1997. *Extended Abstract and Program*. Salvador: SGM. p. 282-283.

SILVA, L. C. 2008 "Reavaliação da evolução geológica em terrenos Pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb shrimp, parte iii: Províncias Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruena (*)." *Brazilian Journal of Geology*: 529-544.

SOUZA, Z.S.; JARDIM DE SA, E.F.; MARTIN, H.1996. Metagranitóides do complexo caicó, NE do Brasil: aspectos geoquímicos de um magmatismo cálcico-alcalino na transição arqueano -paleoproterozóico. Bol. IG-USP, Publ. espec., São Paulo, n. 18, out.

VAN SCHMUS, W.R., BRITO NEVES, B.B., HACKSPACKER, P.C., BABINSKI, M. 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences*. 8:267-288.

VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; MOURA, C.A.V.1997. Caracterização dos ortogneisses calcálicos da região de Granjeiro-sul do Estado do Ceará-Brasil. XVII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE. *Resumos Expandidos*, bol. Nº 15, Fortaleza-CE, 1997a. p. 137-138.

VASCONCELOS, A. M.; CAVALCANTE, J. C., 1998. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Iguatu – Folha SB.24-Y-B. Estado do Ceará. – Brasília : CPRM/DIEDIG/DEPAT.